ISSN 0022-4847

台灣農業研究

第六十卷　　第一期

研究報告

棉蚜在不同溫度下取食甜瓜之族群介量

余志儒、陳炳輝 1

台灣米於史瓦濟蘭之食味品質分析

吳東鴻、王俊富、賴明信 11

夜間光照時程對水稻生長、發育及產量之影響

李裕娟、楊純明、蕭巧玲 21

台灣產二種藥用石斛的栽培介質及礦物元素分析

羅淑芳、郭昭麟、廖大經、陳宗禮、蔡新聲 39

南瓜粉之製造與其加工之研究

羅淑卿、王毓華 49

研究簡報

正確使用統計圖表呈現處理間比較

呂秀英 61

台灣新發現的木瓜秀粉介殼蟲 (半翅目：粉介殼蟲科) 為害初報

陳淑佩、翁振宇、吳文哲 72

中華民國一〇〇年三月

行政院農業委員會農業試驗所出版

中華民國　台灣　台中市

台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 60(1):1–10 (2011)

棉蚜在不同溫度下取食甜瓜之族群介量 [1]

余志儒[2,4] 陳炳輝[3]

摘 要

余志儒、陳炳輝。2010。棉蚜在不同溫度下取食甜瓜之族群介量。台灣農業研究 60:1–10。

本試驗在 4 個定溫 (15、20、25 及 30℃) 下研究棉蚜 (*Aphis gossypii* Glover) 取食甜瓜秋香品種 (*Cucumis melo* L. cv. Autumn Favor) 的族群介量。自出生至開始產子 (非生殖期) 在不同溫度的發育速率呈直線關係。30℃之發育最快也是此蟲期的發育最適溫。發育臨界低溫為 2.22℃、有效積溫為 143.05 degree-day。內在增殖率 (r) 與終極增殖率 (λ) 在 20、25 及 30℃三個溫度之間無顯著差異，分別介於 0.350–0.323 d^{-1} 與 1.419–1.381 d^{-1}。其中 30℃下的淨增殖率 (R_0) 低於 20 與 25℃。故棉蚜的族群增長最適溫應在 20–30℃之間。

關鍵詞：棉蚜、甜瓜、生命表、族群介量、溫度。

前 言

棉蚜 (*Aphis gossypii* Glover) 廣佈於全世界，寄主植物範圍亦相當廣泛，在台灣已記錄者至少就有 34 科 84 種 (Tao 1990)，其中不乏葫蘆科、茄科、桃金孃科、桑科、芸香科、薔薇科等重要經濟農作物，是世界性的害蟲。其危害，除直接吸食植物汁液外，所分泌的蜜露會引發煤煙病，影響光合作用，同時也是植物病毒病的媒介昆蟲，造成寄主植物的生長不良，甚至死亡 (Chang *et al*. 1987; Chan *et al.* 1991; Toper Kaygin *et al.* 2008)。棉蚜生活史短，繁殖力強，農作物生產期間若遭入侵，將對農作物的產量與品質形成重大損害。

掌握適當防治時機是害蟲防治重要的一環，而適當時機的掌握有賴於對該害蟲族群動態的瞭解。生命表是族群生態學的基礎，相關理論與研究方法許多文獻中皆有討論 (Birch 1948; Price 1997; Ricklefs & Miller 1999; Matis *et al.* 2008)。其內涵包括了發育、存活與繁殖等資訊，可以表現族群的質與量的發展潛能。而利用蟲齡-蟲期之兩性生命表(age-stage, two-sex life table) 來評估害蟲族群，可以很正確而有理論基礎 (Chi & Liu 1985; Chi 1988)。所得的資訊有助於害蟲族群動態的預估 (McCornack *et al.* 2004) 與防治時機的掌控 (Chi 1990)。

甜瓜 (*Cucumis melo* L.) 在台灣地區幾乎全年都有栽植。依據統計，2009 年栽植面積達 3101 ha，年總產量約 4 萬公噸 (Council of

---

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2445 號。接受日期：99 年 12 月 27 日。
2. 本所應用動物組助理研究員。台灣 台中市。
3. 行政院農業委員會技監。台灣 台北市。
4. 通訊作者：電子郵件：jzyu@tari.gov.tw；傳真機：(04)23317600。

Agriculture, Executive Yuan 2010)。棉蚜是甜瓜的主要害蟲之一，自發芽至採收完成都可能發現其蹤跡，欲達有效防治，可利用其溫度依變的生命表介量模擬防治規劃。雖然 Yu *et al.* (1997) 曾比較棉蚜在不同甜瓜品種上之生物學表現，但猶缺生命表資料。然而，棉蚜的發育與繁殖會因寄主植物、環境條件的不同而有差異 (Komazaki 1982; Liu & Perng 1987; Akey & Butler 1989; Aldyhim & Khalil 1993; Kocourek *et al.* 1994; van Steenis & El-Khawass 1995; Satar *et al.* 1998, 1999; Perng 2002)，引用其族群介量時必須謹慎。環境條件中，溫度是直接而且敏銳的關鍵影響因子之一 (Campbell *et al.* 1974)。本試驗即以甜瓜為寄主植物，測量棉蚜在不同定溫下的生命表介量，提供防治規劃之參考。

材料與方法

甜瓜栽植：用購自農友種子公司的甜瓜秋香品種 (Autumn Favor) 做為棉蚜之寄主植物。甜瓜播種於穴植盤置於恆溫生長箱中育苗，溫度為 25℃ ± 1℃，相對濕度 75% ± 10%，光照週期 14：10 小時 (L：D)。瓜苗的第一片真葉完全展開時即移植於 6 吋塑膠植缽內繼續栽培，俟生長有 10 片以上完全展開的真葉時即供作棉蚜的寄主植物。上述甜瓜育苗與植缽用之栽種介質皆為 Potgrond H (Klasmann-Deilmann Gmbh, Germany)，每日 1 次以水溶性複合肥料 (N：P：K = 20：20：20, The Scotts Co., USA) 的 1000 倍水稀釋液補充水份與肥份。

棉蚜飼養：棉蚜於 1992 年採自彰化縣秋香品種的甜瓜田，其後於養蟲室以相同甜瓜品種進行飼養，飼養方法如 Yu *et al.* (1997) 所述。將前述甜瓜植缽置入 60 cm × 120 cm × 90 cm 的養蟲箱內進行族群之建立與維持。溫度約為 25–30℃，相對濕度為 80% ± 15%，光照週期 14：10 小時 (L : D)。

族群介量研究：本試驗於 2007 年 10–12 月進行。當甜瓜生長至 10 片以上真葉展開時，每株選取較完整的葉片 7–8 片供試。用羊毫小楷毛筆挑取前述飼養所得之無翅型成蟲 3–5 隻，置於 clip-cage 內，並固定於葉片背面 (Yu *et al.* 1997)，每葉片 1 個 clip-cage。隨即移入 25℃ ± 1℃生長箱中。共接 50 葉片，經 24 小時後，各 clip-cage 僅留 1 隻子代蚜，移除 clip-cage 及其餘蚜蟲。每日記錄蚜蟲存活與產子數，有產子者每日移至新葉片上繼續取食產子，直至死亡。族群之齡別存活率 [age specific survival rate (l_x)] 與齡別生殖率 [age specific fecundity (m_x)] 可由計算式 (1) 與 (2) 算得 (Chi & Liu 1985)。式中 s_{xj} 與 f_{jx} 分別是蟲齡－蟲期別存活率 [(age-stage specific survival rate)] 與蟲齡－蟲期別生殖率 (age-stage specific fecundity)，x 為蟲齡 (age)，起始蟲齡為 0，j 為蟲期 (stage)，k 指齡期數。本試驗將棉蚜的蟲期以產子首日為界，分為非生殖期 (non-reproductive stage) 與生殖期 (reproductive stage)，故 $k = 2$。

$$l_x = \sum_{j=1}^{k} s_{xj} \tag{1}$$

$$m_x = \frac{\sum_{j=1}^{k} s_{xj} f_{xj}}{\sum_{j=1}^{k} s_{xj}} \tag{2}$$

另分別於 15、20 及 30℃的生長箱中進行相同試驗。相對濕度與光照週期與 25℃相同。

族群介量分析：依據 Arnold (1959) 與 Campbell *et al.* (1974) 之方法，將棉蚜在各溫度 (x) 下完成非生殖期發育所需天數 (d) 轉換成發育速率 y ($y = 1/d$)，以直線迴歸 (linear regression) 估算發育速率隨溫度之變化，$y = bx + a$，並計算發育臨界低溫 (T_0, the lower developmental threshold) 與有效積溫 (K, thermal summation)，$T_0 = -a/b$，$K = 1/b$ (Sokal & Rohlf 1995)。

另將所記錄的發育與繁殖率資料依據齡-期兩性生命表 (age-stage, two-sex life table) 理論 (Chi & Liu 1985; Chi 1988)，利用 TWOSEX-MSChart (http://140.120.197.173) 計算生命表介量，包括淨增殖率 (R_0, net reproductive rate)、內在增殖率 (r, intrinsic rate of natural increase)、終極增殖率 (λ, finite rate of increase)、平均世代時間 (T, mean generation time)。各計算公式如下：

$$\sum_{x=0}^{\infty} e^{-r(x+1)} l_x m_x = 1 \tag{3}$$

$$\lambda = e^r \tag{4}$$

$$R_0 = \sum_{x=0}^{\infty} l_x m_x \tag{5}$$

$$T = \frac{\ln(R_0)}{r} \tag{6}$$

統計分析：利用 Jackknife 法 (Meyer *et al.* 1986) 估量 TWOSEX-MSChart 所得生命表各介量的平均值 (mean) 及其標準差 (standard error of mean, SEM)。

結　果

棉蚜在甜瓜葉上完成未成熟期發育所需時間隨溫度升高而減短，15、20、25 及 30℃下分別為 12.4、7.2、6.5 及 5.2 日，各溫度之間有顯著差異 (表 1)。發育速率與溫度的直線迴歸，迴歸式為 $y = 0.00699x - 0.01552$，其中 y 為發育速率，x 為溫度，決定係數 $R^2 = 0.9468$ (圖 1)、發育臨界低溫約為 2.22℃、有效積溫約為 143.05 度日 (degree-day)。

未成熟期的存活率在各溫度下分別為 50、78、100 及 90%，以 25℃最高，其次為 30℃，15℃最低；生殖期的壽命分別為 31.8、23.9、19.0 及 7.2 日，隨溫度升高而減短；每雌一生總產子數分別為 80.1、78.6、66.5 及 9.6 隻，30℃的最少 (表 1)。

圖 2 為棉蚜在不同溫度下取食甜瓜之存活率曲線 (l_x)，非生殖期與生殖期有蟲期重疊現象。圖 3 為蟲齡別生殖率 (m_x) 與雌蟲齡別淨生殖率 ($l_x m_x$)，開始生殖的蟲齡分別為 9、6、5、4 日齡，以 30℃的最早。表 2 是棉蚜不同溫度下的生命表介量。內在增殖率 (r) 與終極增殖率 (λ) 皆以 15℃的 0.184 與 1.201 d^{-1} 最低，其餘 3 個溫度分別為 0.350、0.334、0.323 d^{-1} 與 1.419、1.297、1.281 d^{-1}。淨增殖率 (R_0) 則以 30℃的 8.7 offspring 最低，其次為 15℃，20 與 25℃最高，分別有 61.3 與 66.5 offspring。平均世代時間 (T) 以 15℃的 20.1 日最長，長於 20 與 25℃的 11.8 與 12.6 日，而以 30℃的 6.7 日最短。

表 1. 棉蚜在 4 個定溫下取食甜瓜之生育前期的發育所需時間與存活率生育期的壽命與產子數

Table 1. Development time, survival rate, longevity and fecundity of *Aphis gossypii* fed on *Cucumis melo* at four constant temperatures

	Non-reproductive stage		Reproductive stage	
Temperature (℃)	Development time (d)	Survival rate (%)	Longevity (d)	Fecundity (No. offspring/♀)
15	12.40 ± 0.41 a [z]	50	31.8 ± 3.5 a	80.1 ± 6.3 a
20	7.15 ± 0.16 b	78	23.9 ± 2.1 b	78.6 ± 6.0 a
25	6.48 ± 0.12 c	100	19.0 ± 0.7 c	66.5 ± 4.7 a
30	5.20 ± 0.10 d	90	7.2 ± 0.5 d	9.6 ± 1.1 b

[z] Values are mean ± se. Means within a column followed by the same letter are not significantly different by Fisher's LSD test at 5% level.

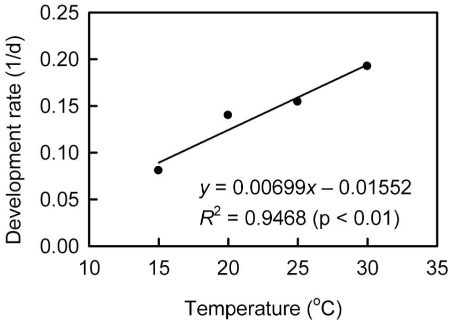

圖 1. 棉蚜生殖前期取食甜瓜之發育速率與溫度 (15–30℃) 之直線迴歸。由迴歸式 $y = 0.00699x - 0.01552$ 算得發育臨界低溫與有效積溫分別為 2.22℃與 143.05 degree-day。

Fig. 1. The linear regression of development rates of *Aphis gossypii* non-reproductive stage fed on *Cucumis melo* vs. temperature (15–30℃). The lower threshold temperature and the thermal summation was 2.22℃ and 143.05 degree-day, respectively, computed from $y = 0.00699x - 0.01552$.

討　　論

本試驗棉蚜在甜瓜秋香品種上 25℃下的非生殖期發育所需時間為 6.5 日，比 Yu *et al.* (1997) 的 5.5 日稍長，但後者成蟲期壽命與繁殖率分別為 7.0 日與 31.75 offspring，比本試驗的 19.0 日與 66.5 offspring 低。此可能與棉蚜在室內以該甜瓜品種累代飼養的時間不同有關，Ye *et al.* (1997) 為自田間採回後經飼養 40 日後便進行試驗，本試驗延用其族群，而於 2007 年進行。

棉蚜發育與溫度呈依變關係 (圖 1)。於 15–30℃溫度範圍，自出生至產第一隻子代所需的時間隨所處溫度之升高而減短，從 15℃的 12.4 日減至 30℃的 5.2 日 (表 1)。以 30℃下的發育最快，存活率亦達 90%，是為本發育最適

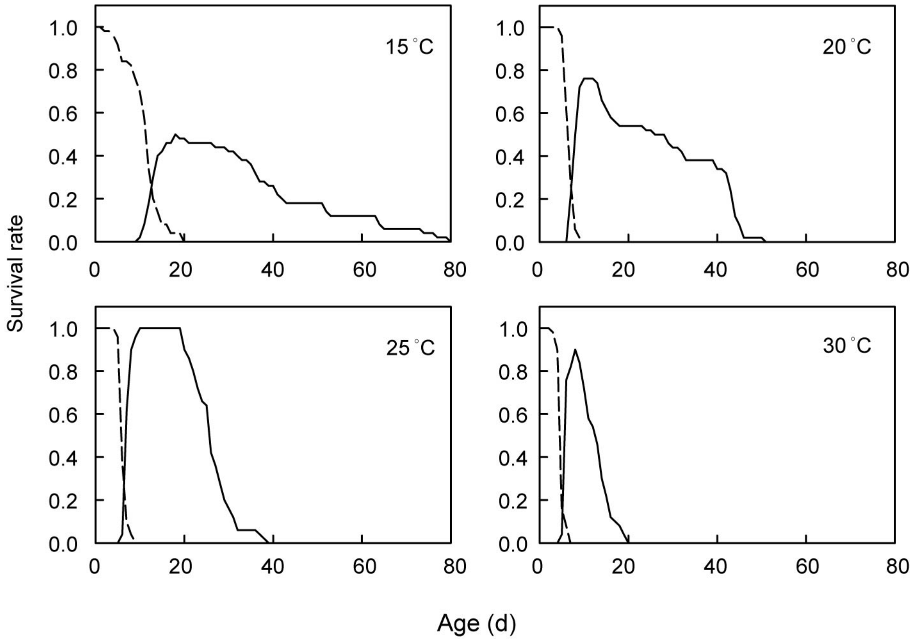

圖 2. 棉蚜在 4 個定溫下取食甜瓜之存活率 (l_x)。

Fig. 2. Survival rate (l_x) of *Aphis gossypii* fed on *Cucumis melo* at four constant temperatures.
--------- non-reproductive stage; ———— reproductive stage

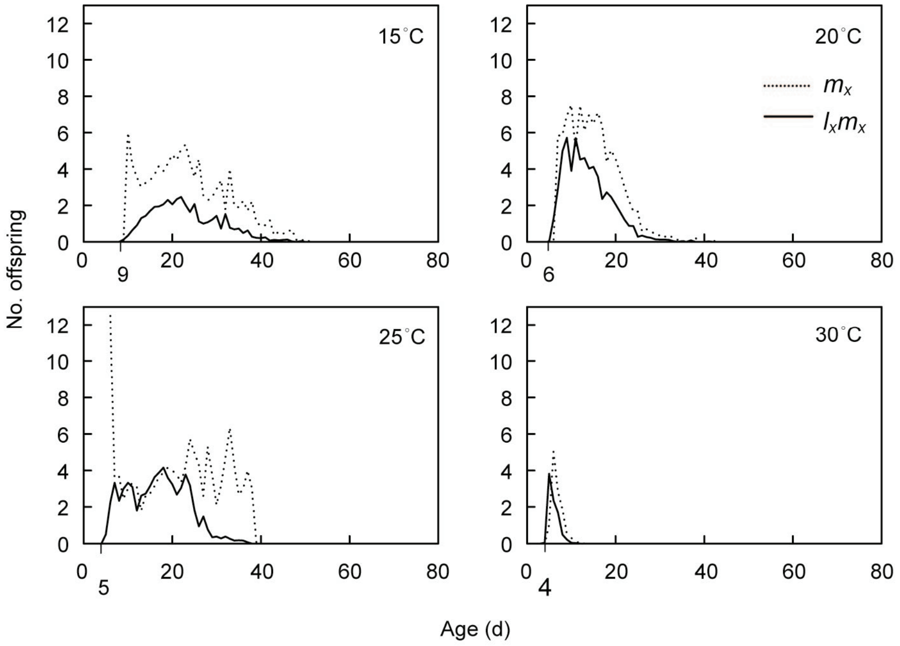

圖 3. 棉蚜在 4 個定溫下取食甜瓜之齡別生殖率 (m_x) 與雌蟲齡別淨生殖率 (l_xm_x)。15、20、25 及 30℃下開始生殖的蟲齡分別為第 9、6、5 及 4 日。

Fig. 3. The age specific fecundity (m_x) and age specific net maternity (l_xm_x) of *Aphis gossypii* fed on *Cucumis melo* at four constant temperatures. The onset of reproduction occurred on age 9, 6, 5, and 4 day at 15, 20, 25 and 30℃, respectively.

表 2. 棉蚜在 4 個定溫下取食甜瓜之生命表介量

Table 2. The life table parameters of *Aphis gossypii* fed on *Cucumis melo* at four constant temperatures

	Parameter [z]			
Temperature (℃)	R_0	r	λ	T (d)
15	40.0 ± 6.5 b [y]	0.184 ± 0.010 b	1.201 ± 0.012 b	20.1 ± 0.6 a
20	61.3 ± 6.6 a	0.350 ± 0.011 a	1.419 ± 0.016 a	11.8 ± 0.3 b
25	66.5 ± 4.7 a	0.334 ± 0.010 a	1.397 ± 0.014 a	12.6 ± 0.3 b
30	8.7 ± 1.1 c	0.323 ± 0.020 a	1.381 ± 0.027 a	6.7 ± 0.1 c

[z] R_0, net reproductive rate; r, intrinsic rate of increase; λ, finite rate of natural increase; T, mean generation time.
[y] The mean ± se estimated by the Jackknife method, and means within a column followed by the same letter are not significantly different by Fisher's LSD test at 5% level.

溫 (the optimal temperature for development)。許多文獻指出棉蚜在不同寄主植物上也有類似的溫度依變關係。例如在棉花 (*Gossypium hirsutum* L.) 葉上，棉蚜完成未成熟期發育所須的時間在 15–30℃需 12.0–4.5 日 (Kersting *et al.* 1999)；在胡瓜 (*C. sativa*) 葉上，Satar *et al.* (2005) 測得由 15–32.5℃需 10.8–4.1 日、Zamani *et al.* (2006) 則測得從 10–30℃需 20.70–3.81 日，並據此而認為棉蚜的發育最適溫分別為 30℃；27.5–32.5℃、30℃。

發育臨界低溫為假設不同溫度下之發育速率呈直線時發育速率為 0 時的溫度，並未考慮昆蟲在低溫時有滯育現象，其所利用外插法推算的發育臨界低溫都只是參考值，不宜過份強調其意義。本試驗測試的溫度範圍為 15℃至 30℃，棉蚜非生殖期的存活率 ≥ 50% (表 1)，皆非致死溫度，且內在增殖率 (*r*) 皆 > 0 (表 2)。在此溫度範圍內，直線迴歸的決定係數 (R^2) 達 0.9468 (圖 3)，顯示適合用直線迴歸。利用其迴歸式計算得棉蚜非生殖期的發育臨界低溫為 2.22℃，自出生至生子所需的有效積溫為 143.05 度日 (圖 1)。Kocourek *et al.* (1994) 亦曾以自出生至開始產子的發育速率為基礎測得棉蚜在胡瓜上分別為 5.8℃與 113.6 度日，但與未成熟期 (immature stage) 為基礎算得的 6.9℃與 90.1 度日有異。此顯示蟲期 (stage) 的含蓋範圍不同，會影響該蟲期發育時間與溫度的依變關係，而得到不同的發育臨界低溫。

蟲齡-蟲期之兩性生育表的精神主要在納入個體間發育速率的差異與雄性在族群中的地位。雖然棉蚜屬孤雌產雌生殖，親代與子代皆為雌性，而將雌雄比視為 1 : 0，仍可利用兩性生命表來運算生命表介量，並基於族群在蟲齡-蟲期穩定分佈 (stable age-stage distribution) 的狀態下闡釋這些介量。淨增殖率 (R_0) 為一個同生族群中每個個體能繁衍的子代個體數，其所需時間稱為平均世代時間 (mean generation time, *T*) [計算式 (4) 與 (6)]。依據 Yang & Chi (2006)、Tsai & Chi (2007) 等所述，淨增率 (R_0) 與繁殖率 [每雌能繁衍的子代個體數 (fecundity, *F*)] 的關係為 $R_0 = F(N_f/N)$，其中 N 為試驗起始時的總蟲數，N_f 為雌成蟲數，N_f/N 即為雌性成蟲前期的存活率。本試驗棉蚜的繁殖率在 15、20、25℃溫度之間無顯著差異 (表 1)，但淨增殖率在 15℃時卻比另 2 個溫度的低 (表 2)，確實是受雌蟲存活率較低 (表 1) 的影響。

內在增殖率 (*r*) 是重要的族群介量，由計算式 (3) 推算而得，其內涵包括族群中個體的存活率、發育時間、壽命、生殖力等訊息，有助於族群增長潛能的模擬或預測 (Birch 1948; Chi 1990; Roy *et al.* 2003)。Liu & Perng (1987) 曾調查棉蚜取食葫蘆瓜葉的族群動態，認為在 25℃下最初 10 天族群密度接近指數增長 (exponential growth)。本試驗結果，15℃下棉蚜的內在增殖率最低，淨增殖率 (R_0) 卻比 30℃的顯著較高 (表 2)，雖然非生殖期的存活率比較低，但因為有較長的生殖期壽命 (表 1、圖 3) 以累積其增殖率，也延長了平均世代時間 (*T*)。此結果表示棉蚜取食甜瓜可在 15℃下以較緩的增殖率達到高密度族群。其他 3 個溫度的 *r* 以 20℃稍高，但三者之間差異不顯著 (表 2)。其中 30℃下開始生殖的蟲齡最年輕 (圖 3)，但因為生殖期壽命最短、每雌產子數也最少 (表 1)，使得 R_0 顯著最低。由圖 3 中的雌蟲齡別生殖率 ($l_x m_x$) 即明顯可看出受影響的 R_0。由以上結果顯示，棉蚜取食甜瓜 (秋香品種) 葉的族群增長最適溫 (optimal temperature) 應該在 20–30℃之間。

影響棉蚜在族群介量的表現，除了溫度、光照週期 (Aldyhim & Khalil 1993) 等非生物因子之外，生物也是重要影響因子，其中的寄主植物就是常被討論的部份。與 Yu *et al.* (1997) 在相同甜瓜品種上的結果相較，除若蟲期的發育所需時間較接近外。成蟲期壽命與產子數皆比本試驗的結果少。此可能所用的棉蚜在室內用該甜瓜品種累代飼養的時間不同有關，Yu *et al.* (1997) 為用自田間採回後經飼養 40 日後的棉蚜，本試驗為延用其經 10 多年累代飼養的族群。在其他葫蘆科植物上，棉蚜表現最高 *r* 的溫度不盡相同。例如 Aldyhim & Khalil (1993) 測得棉蚜在南瓜 (*Cucubita pepo* L. var. Clarita) 上的 *r* 以 25℃ 的 0.496 d^{-1} 為最高，20℃居次，再次為 30℃，分別為 0.263、0.251 d^{-1}。Van

Steenis & El-Khawass (1995) 與 Zamani *et al.* (2006) 分別以胡瓜 (*C. sativa*) 的 Sporu 與 Negin 品種為棉蚜的寄主植物時，其 *r* 亦皆以在 25℃的最高，但 30℃居次，再次為 20℃，前者分別為 0.556、0.510、0.426 d^{-1}，後者分別為 0.419、0.363、0.325 d^{-1}。固然不同種的寄主植物會影響棉蚜在族群介量的表現 (Satar *et al.* 1999; Du *et al.* 2004; Hao & Liu 2009)，即使是同一種，在不同品種 (系) 上也會有不同的表現。例如，Yu *et al.* (1997) 比較棉蚜在 3 個甜瓜品種 (TN 8、TN 9 及秋香) 上的發育與生殖力呈現顯著差異，而將此 3 個品種分屬感、抗及中抗品種。Klingler *et al*. (1998) 比較抗蚜與感蚜甜瓜品種 (AR 5 與 PMR 5) 上棉蚜的族群增長表現也是有差異。Garzo (2002) 也測得棉蚜在抗性甜瓜品種的內在增殖率顯著比對照的感性品種低。Van Steenis & El-Khawass (1995) 比較棉蚜取食 Sporu 與 Aramon 二個胡瓜品種時的生活史，指出取食前者的 *r* 比取食後者的高出 15%。因此，在引用生命表介量做不同族群間的比較或用於族群豐度動態的模擬與預測時，非生物因子與生物因子的影響都須詳加考量，使生命表的參考應用更能確切地發揮。

結　論

蟲齡-蟲期之兩性生命表 (age-stage, two-sex life table) 因有納入個體間發育速率的差異與雄性在族群中的地位等考量，用來描述或預估害蟲族群的發展，可以更具理論基礎。但生命表介量會受生物或非生物因子的影響而有不同的表現，除了文獻上已指出的寄主植物、地域性以及溫度、濕度、光週期的環境條件等因子之外，本試驗亦驗證棉蚜在同一種寄主植物上持續飼養的時間不同，也會影響其部份族群介量的呈現，足見引用時務必審慎。

誌　謝

本研究承中興大學昆蟲學系齊心教授提供兩性生命表分析程式 (TWOSEX-MSChart) 的使用權與使用方法，並指正統計的應用與分析，由衷感謝。本所應用動物組同仁溫美貞、葉玉惠、張秀瑜、李思慧小姐等，協助棉蚜的飼養及其寄主植物的栽培等試驗相關工作，使本文得以順利完成，在此一併致謝。

引用文獻 (Literature cited)

Akey, D. H. and G. G. Jr. Butler. 1989. Developmental rates and fecundity of apterous *Aphis gossypii* on seedlings of *Gossypium hirsutum*. Southwest Entomol. 14:295–299.

Aldyhim, Y. N. and A. F. Khalil. 1993. Influence of temperature and daylength on population development of *Aphis gossypii* on *Cucurbita pepo*. Entomol. Exp. Appl. 67:167–172.

Arnold, C. Y. 1959. The determination and significance of the base temperature in a linear heat unit system. Am. Soc. Hortic. Sci. 74:430–445.

Birch, L. C. 1948. The intrinsic rate of natural increase of an insect population. J. Anim. Ecol. 17:15–26.

Campbell, A., B. D. Frazer, N. Gilbert, A. P. Gutierres, and M. Makauer. 1974. Temperature requirements of some aphids and their parasites. J. Appl. Ecol. 11:431–438.

Chan, C. K., A. R. Forbes, and D. A. Raworth. 1991. Aphid-Transmitted Viruses and Their Vectors of the World. Agric. Can. Res. Branch Tech. Bull. 1991-3E. 216 pp.

Chang, Y. M., C. H. Hsiao, W. Z. Yang, S, H. Hseu, Y. J. Chao, and C. H. Huang. 1987. The occurrence and distribution of five cucurbit viruses on melon and watermelon in Taiwan. J. Agric. Res. China 36: 389–397. (in Chinese with English abstract)

Chi, H. 1988. Life-table analysis incorporating both sexes and variable development rates among individuals. Environ. Entomol. 17:26–34.

Chi, H. 1990. Timing of control based on the stage structure of pest population: a simulation approach. J. Econ. Entomol. 83:1143–1150.

Chi, H. and H. Liu. 1985. Two new methods for the study of insect population ecology. Acad. Sin. Bull. Inst. Zool. 24:225–240.

Council of Agriculture, Executive Yuan. 2010. Cantaloupes. p. 70–71. *in*: Agricultural Statistics Yearbook 2009. Council of Agriculture, Executive Yuan Pub. ROC.

Du, L., F. Ge, S. Zhu, and M. N. Parajulee. 2004. Effect of cotton cultivar on development and reproduction of *Aphis gossipii* (Homoptera: Aphididae) and its predator *Propylaea japonica* (Coleoptera: Coccinellidae). J. Econ. Entomol. 97:1278–1283.

Garzo, E., C. Soria, M. L. Gómez-Guillamón, and A. Fereres. 2002. Feeding behavior of *Aphis gossypii* on resistant accessions of different melon genotypes (*Cucumis melo*). Phytoparasitica 30:1–12.

Hao, H. H. and Y. C. Liu. 2009. The population parameters of cotton aphid, *Aphis gossypii* Glover, on three host plants at various constant temperatures. Formosan Entomol. 29:239–249. (in Chinese with English abstract)

Kersting, U., S. Satar, and N. Uygun. 1999. Effect of temperature on development rate and fecundity of apterous *Aphis gosspii* Glover (Hom., Aphididae) reared on *Gossypium hirsutum* L. J. Appl. Entomol. 123:23–27.

Klingler, J., G. Powell, G. A. Thompson, and R. Isaacs. 1998. Phloem specific aphid resistance in *Cucumis melo* line AR5: effects on feeding behaviour and performance of *Aphis gossypii*. Entomol. Exp. Appl. 86:79–88.

Kocourek, F., J. Havelka, J. Bera' nkova, and V. Jarosik. 1994. Effect of temperature on development rate and intrinsic rate of increase of *Aphis gossypii* reared on greenhouse cucumbers. Entomol. Exp. Appl. 71:59–64.

Komazaki, S. 1982. Effects of constant temperature on population growth of three aphid species, *Toxoptera citricidus* (Kirkaldy), *Aphis citricola* van der Goot and *Aphis gossypii* Glover (Homoptera: Aphididae) on citrus. Appl. Entomol. Zool. 17:75–81.

Liu, Y. C. and J. J. Perng. 1987. Population growth and temperature dependent effect of cotton aphid *Aphis gossypii* Glover. Chin. J. Entomol. 7:95–112. (in Chinese with English abstract)

Matis, J. H., T. R. Kiffe, T. I. Matis, J. A. Jackman, W. E. Grant, and H. Singh. 2008. On the use of growth rate parameters for projecting population sizes: Application to aphids. Ecol. Modelling 213:133–142.

McCornack, B. P., D. W. Ragsdale, and R. C. Venette. 2004. Demography of soybean aphid (Hom., Aphididae) at summer temperatures. J. Econ. Entomol. 97:854–861.

Meyer, J. S., C. G. Ingersoll, L. L. McDonald, and M. S. Boyce. 1986. Estimating uncertainty in population growth rates: jackknife vs. bootstrap techniques. Ecology 67:1156–1166.

Perng, J. J. 2002. Life history traits of *Aphis gossypii* Glover (Hom., Aphididae) reared on four widely distributed weeds. J. Appl. Entomol. 126:97–100.

Price, P. W. 1997. Insect Ecology. 3rd ed. Wiley. New York. 874 pp.

Ricklefs, R. E. and G. L. Miller. 1999. Ecology. 4th ed. W. H. Freeman. New York. 896 pp.

Roy, M., J. Brodeur, and C. Cloutier. 2003. Effect of temperature on intrinsic rates of natural increase (r_m) of a coccinellid and its spider mite prey. BioControl 48:57–72.

Satar, S., U. Kersting, and N. Uygun. 1998. Effect of different citrus host plants and temperatures on development rate and fecundity of apterous *Aphis gossypii* Glover (Homoptera: Aphididae). Turk. Entomol. Derg. 22:187–197.

Satar, S., U. Kersting, and N. Uygun. 1999. Development and fecundity of *Aphis gossypii* Glover (Homoptera: Aphididae) on three Malvaceae hosts. Turk. J. Agric. For. 23:637–643.

Satar, S., U. Kersting, and N. Uygun. 2005. Effect of temperature on development and fecundity of *Aphis gossypii* Glover (Homoptera: Aphididae) on cucumber. J. Pest Sci. 78:133–137.

Sokal, R. R. and F. J. Rohlf. 1995. Biometry. 3rd ed. W. H. Freeman. San Francisco, CA. 887 pp.

Tao, C. C. 1990. *Aphis gossypii* Glover. p.176-177. *in*: Aphid-Fauna of Taiwan Province, China. (Tao, C. C., ed.). Taiwan museum. (in Chinese)

Toper Kaygin, A., G. Görür, and F. Çota. 2008. Contribution to aphid (Homoptera: Aphididae) species damaging on woody plants in Bartin, Turkiye. Int. Nat. Eng. Sci. 2:83–96.

Tsai, T. J. and H. Chi. 2007. Temperature-dependent demography of *Supella longipalpa* (Blattodea: Blattellidae). J. Med. Entomol. 44:772–778.

van Steenis, M. J. and K. A. M. H. El-Khawass. 1995. Life history of *Aphis gossypii* on cucumber: influence of temperature, host plant and parasitism. Entomol. Exp. Appl. 76:121–131.

Yang, T. C. and H. Chi. 2006. Life table and development of *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) at different temperatures. J. Econ. Entomol. 99: 691–698.

Yu, J. Z., Y. C. Liu, and B. H. Chen. 1997. Resistance of three muskmelon cultivars to *Aphis gossypii* Glover (Homoptera: Aphididae). Chinese J. Entomol. 17:245–256. (in Chinese with English abstract)

Zamani, A. A., A. A. Talebi, Y. Fathipour, and V. Baniameri. 2006. Effect of temperature on biology and population growth parameters of *Aphis gossypii* Glover (Hom., Aphididae) on greenhouse cucumber. J. Appl. Entomol. 130:453–460.

Population Parameters of *Aphis gossypii* (Homoptera: Aphididae) Fed on Melon at Different Temperature[1]

Jih-Zu Yu[2,4] and Bing-Huei Chen[3]

Abstract

Yu, J. Z. and B. H. Chen. 2010. Population parameters of *Aphis gossypii* (Homoptera: Aphididae) fed on melon at different temperature. J. Taiwan Agric. Res. 60:1–10.

The population parameters of *Aphis gossypii* Glover on *Cucumis melo* L. cv. Autumn Favor leaf were estimated at four constant temperatures (15, 20, 25 and 30℃). Temperature-dependent of development rate from birth to the onset of reproduction (non-reproductive stage) fitted a linear regression, and with 30℃ as the optimal temperature for development. The lower threshold temperature and thermal summation was 2.22℃ and 143.05 degree days, respectively. No difference existed in the intrinsic (r) and finite (λ) rate of natural increase at 20, 25, 30℃, ranging 0.350–0.323 d^{-1} and 1.419–1.381 d^{-1}, respectively. Therefore, the optimal temperature for its population growth should be in 20–30℃. However, the net reproductive rate (R_0) and time taken for double mass of a population (DT) at 30℃ were lower than those at both 20 and 25℃.

Key words: *Aphis gossypii*, *Cucumsi melo*, Life table, Population parameter, Temperature.

---

1. Contribution No. 2445 from Taiwan Agricultural Research Institute (TARI), Council of Agriculture. Accepted: December 27, 2010.
2. Assistant Researcher, Applied Zoology Division, TARI, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Counselor, Council of Agriculture, Taipei, Taiwan, ROC.
4. Corresponding author, e-mail: jzyu@tari.gov.tw; Fax: (04)23317600.

台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 60(1):11–20 (2011)

台灣米於史瓦濟蘭之食味品質分析[1]

吳東鴻[2] 王俊富[3] 賴明信[2,4]

摘　要

吳東鴻、王俊富、賴明信。2011。台灣米於史瓦濟蘭之食味品質分析。台灣農業研究 60:11–20。

台灣良質米品種未在史瓦濟蘭王國市場上大量流通前，原本偏好乾、鬆口感的史國人民是否能接受具黏、軟特質之台灣米，其市場接受度將嚴重影響價格、包裝等行銷策略。對此有其必要進行米飯官能品評，以定位史國米飯食味趨勢，故本次品評邀請 13 位史瓦濟蘭世界展望會農業推廣人員，品評員來源分布涵蓋史國四省且皆具有購買能力。並依據農委會稻米食味評鑑方法，以當地主要食用米‘預煮米 (parboiled rice)’為對照組，分別就外觀、香味、口感、黏性、硬度與總評等項目，評估南非白米 (次要食用米)、印度米、泰國米與台灣米 (台中秈 10 號)，各與預煮米的喜好比較。結果顯示史國人民對台灣米與預煮米、南非白米等，於各品評項目上均未達顯著差異水準，顯示彼此間之整體接受程度相近；並由喜好程度分布得知，喜好台灣米與不喜好者約各半，顯示台灣米在史國未大量流通前，已有部份人士能接受其口感，因此商售初期，將以 2 kg 小包裝且零售價 15 史幣累積品牌能見度。

關鍵詞：水稻、官能品評、台灣米、秈稻、行銷策略。

前　言

史瓦濟蘭王國 (The Kingdom of Swaziland) 係目前中華民國於非洲南端唯一邦交國，緊鄰南非共和國與莫三比克，土地面積約為台灣島一半，人口約一百萬人。境內地勢東高西低，多為丘陵地形高低起伏不已且石礫地覆蓋居多，屬典型南半球大陸型氣候，氣候乾燥且涼爽，年雨量約 900 mm，主要集中在每年 10 月至翌年 3 月的雨季，此時也係作物主要栽培季節，年均溫為 15–25℃，史國土壤偏酸，約在 pH 4.5–6.5 之間，多屬紅色酸性砂質土。

聯合國糧農組織 (Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO) 所發表的作物前景與糧食形勢 2009 年 7 月刊指出，史國因為高愛滋病比例 (42%) 且生產力低落，造成糧食供應量嚴重缺乏，是個長期處於糧食危機急需外部援助的國家。近年來因氣候劇烈變遷造成若干地區糧食減產，適逢能源危機，大量飼料糧食挪用生產生質能源，使糧食

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2446 號。接受日期：100 年 3 月 3 日。
2. 本所作物組助理研究員、副研究員。台灣　台中市。
3. 台灣駐史瓦濟蘭王國技術團技師。史瓦濟蘭王國　馬撒哈。
4. 通訊作者，E-mail：mhlai@tari.gov.tw；Fax：(04)23399544。

供應緊縮反致國際糧價大幅上揚，雖自 2008 年糧價最高點以來 (米價 835 USD/t)，國際米價已經逐漸回穩，但 2009 年 7 月稻米國際價格約在 590 USD/t (泰國出口價格)，仍遠大於其他糧食作物，如：小麥 228 USD/t 以及玉米 166–148 USD/t (美國、阿根廷出口價格)，顯示稻米仍處於高糧價狀態，在史國是屬高利潤糧食作物，相較於其他作物更值得推廣，進而提高小農收入 (FAO 2009)，將成為史國水稻推廣之誘因。

史國水稻栽培歷史可由成立中華民國駐史瓦濟蘭技術團開始推起，技術團成立於 1969 年 9 月，亦即史國獨立後第二年，原稱農耕隊。據我國早期派駐史國農耕隊隊員口述，於 1970 年代初期曾見過史國東部 Big Bend 糖廠附近之盆地平原種有長粒型秈稻，以旱作噴灌方式栽培。嗣後不久，由於史國之蔗糖售價受保障，農戶以種植甘蔗之收入較穩定，因此該地區均已轉作甘蔗。史國稻作經濟栽培始於中華民國派駐技術團之後，稻作栽培區均分佈於技術團墾區內，水稻在史瓦濟蘭王國於 1970 年引進迄今 40 年，目前推廣品種僅為我國秈稻品種台中秈 10 號，其稻作種植面積及產量之消長與技術團所執行之援助計畫息息相關，自從 1995 年技術團將技術以及生產設備 (包含耕耘機、脫粒機與碾米機等) 轉移給史方之後，我國駐史技術團之人力、技術及財力在稻作推廣輔導上支援驟然減少，史國稻米之產量逐年下降至幾近停頓狀態，顯見稻米栽培技術之轉移未見成功。直至 2008 年因應國際糧食危機，駐史瓦濟蘭技術團開始協助史國稻農復耕墾區，再次在史國進行水稻推廣，並期搭配稻米行銷策略，誘使稻農滾動配合水稻推廣作業。

過去在花生 (Howard *et al.* 2009)、水稻 (Behrens *et al.* 2007; Heinemann *et al.* 2006; Linhardt *et al.* 2008; Tomlins *et al.* 2007a; Tomlins *et al.* 2005)、樹薯 (Tomlins *et al.* 2007b)、甘藷 (Tomlins *et al.* 2007c)、火腿 (Resano *et al.* 2007) 等皆曾利用官能品評評估消費者對於該商品的接受度。藉由官能品評客觀反應當下該商品主觀接受度，其食味結果可作為初期銷售價格之依據，讓消費者更輕易接觸該商品品後，將能有助累積品牌凝聚力並提高商品接受度，待一段時日後再進行策略調整，將能充分掌握消費者食味喜好之動向。史國人民雖以玉米為主食，也喜好稻米，而現今史國主要商售白米具乾、鬆等口感，其中又以預煮米價格最為低廉，屬大宗流通商品，可見史國對稻米具有一定需求量。由於史國人民對台灣米之接受程度不甚明確，故在台灣稻米品種未在史國市場上大量流通前，有其必要進行官能品評，初步評估史國稻米食味喜好，藉此了解原本偏好乾、鬆口感的史國人民是否能接受具黏、軟特質之台灣米，以作為未來台灣米行銷策略之客觀依據。

材料與方法

品評員及參試樣品

本次官能品評邀請 13 位史瓦濟蘭世界展望會 (World Vision Swazi) 農業推廣人員作為品評員，人員皆具基礎學識能力，能明確了解各品評項目內涵，其年齡層主要分布於 25–38 歲之間，平時散居於史國四省，並具足夠經濟能力使其平時易接觸米食，對於本次官能品評有助於正確反應史國米飯食性。品評參試樣品係取用 2009 年史國各類商售白米，其中以預煮米種類為最大宗稻米商品，銷售價格最為低廉並佔稻米銷售量超過 60%，而南非白米係次者，價格略高於前者，其銷售量約為 30%，其他均為小額 (< 10%) 高單價進口米。因此本試驗選用預煮米 (parboiled rice, Sunny Co.) 作為對照樣品，以評估南非白米 (South Africa white rice, Imbali Co.)、印度米 (India basmati rice, Tastic Co.)、泰國米 (Thai jasmine rice, Tastic Co.) 與 2009 年所生產之台灣米台中秈 10 號 (Taichung

Sen 10, TCS10，駐史技術團基地農場) 等參試樣品之喜好差異，其米飯調製過程如 Hsu (2004) 建議之品評方法，樣品品評順序皆以逢機排列，避免品評順序造成喜好影響。並於官能品評後隨即進行樣品購買意願調查。

品評項目

由品評員分別就米飯外觀 (appearance)、香味 (aroma)、口感 (flavor)、黏性 (cohesiveness)、硬度 (hardness) 及總評 (overall appraisal) 等品評項目進行評估。評品方法以預煮米為對照樣品 (CK)，各參試樣品與之進行兩兩評比；在進行各樣品品評前及後，須以清水漱口，一方面清潔口中殘留樣品，另一方面讓味覺歸零，品評順序依順時針方向進行。外觀主要判別米飯之光澤、色澤與粒形是否完整，香味則是以鼻子嗅聞對照組與參試樣品之味道，隨後品評全飯量的八分之一，評估該參試樣品之黏性、硬度及口感，若吃第一次即可分出好、壞，則圈選「較」等級 (+2, -2)，再吃第二次時才能分辨者，則圈選「微」等級 (+1, -1)，若吃第三次時仍無差異，則圈選「同」等級 (0)，又除非感覺特別好或特別壞時，才圈選「很」等級 (+3, -3) (Hsu 2004)。

品質分析

品質分析係於行政院農業委員會農業試驗所作物組稻作室進行。每樣品各取 200 g 作為分析樣品，而米粒之化學組成是以近紅外光米粒測計 (或稱食味計) (Near Infrared Grain Tester Model AN-820, Kett Co., Japan) 分析，以內建校正曲線分別估計粗蛋白質與直鏈性澱粉等含量，其米粒白度數值係由精米碾白計 (Milling Meter Model MMIC, Satake Co., Japan) 量測之，重複分析 2 次後取其平均值代表。

統計分析

本試驗喜好性資料採用非介量統計法中的符號順位測驗，以 SAS 程式中之 NPAR1WAY 程序進行 Kruskal-Wallis test 分析，以比較試驗組是否具有差異顯著水準存在，若試驗組具有顯著差異，則進一步以 Wilcoxon Two-Sample Test 分析兩兩樣品間之統計分析 (Wei *et al*. 2004)。

結　　果

食味品評結果

各參試樣品分別與預煮米 (對照組) 比較各項目之偏好性，先將偏好尺度+1–+3 定為喜好該樣品甚於預煮米樣品，反之，偏好尺度為 -1–-3 則喜好預煮米樣品甚於參試樣品，每品評項目有效受訪人數均為 13 人次，故在此不列出對於兩者樣品無差異感受之人次 (表 1)。

首先台灣米台中秈 10 號米飯硬度差異比例為 1：10 (較硬：較軟)，口感黏性差異比例係 9：2 (偏黏：不黏)，其結果顯示台灣米是個比預煮米口感軟且黏性高的種類，且整體總評顯示台中秈 10 號較預煮米受品評員喜好與不喜好之比例為 7：4，整體感受台灣米甚於預煮米的人數略多，其他項目則顯示兩者偏好度均有相近人數，外觀喜好與其不喜好為 7：6，香味與口感之好惡比例分別為 6：6 與 5：7。而印度米於外觀與口感、整體感受上均較預煮米稍具優勢，前兩項目之好惡比例均為 8：4，整體感受好惡比例是 8：3，且米飯黏性與軟度均感受較預煮米高，其黏性比例是 10：2，而硬軟度比例為 4：8，香味則兩者人數相近為 5：3。泰國米則不論外觀、香味、口感與整體感受均甚於預煮米，其好惡比例依序為 10：2 (外觀)、8：3 (香味)、9：4 (口感)、9：3 (總評)，並且泰國米也是一個較預煮米口感軟且較黏的品種，其偏黏與不黏比例為 9：4，而口感硬度甚於預煮米與感覺較軟者之比例為 4：7。南非白米則在外觀 (10：3)、香味 (7：2)、口感 (6：3) 均甚於預煮米，且整體總評也是偏好南非白米甚於預煮米許多 (11：1)，但在口感黏性上偏好比例相近 (5：6)，且口感硬度大多認為高於預

煮米 (8：3)。由總評好惡比例顯示品評員對於各參試樣品之喜好程度均高於對照樣品預煮米。

各種類白米與對照組預煮米進行喜好比較後，以 Kruskal-Wallis test 分析各類白米間之喜好程度是否存有差異，統計分析結果顯示於外觀項目上若拒絕兩者無差異之擬說測驗，其第一型錯誤機率為 0.42，而香味、口感、黏性、硬度之第一型錯誤機率分別為 0.88、0.77、0.21、0.22 不等，均顯示整體間無顯著差異，以及各樣品於整體評估項目中之喜好性，也顯示各樣品彼此間對於預煮米的喜好程度是相近的 (*P* value = 0.59) (表 2)。

本研究於米飯官能品評後，並未告知品牌資料下，隨即讓品評員依據自我感受調查各參試樣品的購買意願，結果顯示在未考量商品價格下，有 38% (5 人) 的品評員將南非白米選為

表 1. 各參試樣品與預煮米 (對照組) 比較各品評項目之喜好分布情形

Table 1. Sensory evaluation of thirteen Swaziland panelists for preference and acceptability of four rice products compared with parboiled rice

Criteria and score	Taiwan indica rice TCS 10	Indian basmati rice	Thailand jasmine rice	South Africa white rice
Appearance				
Preferable $_{(1\text{–}3)}$[z]	7	8	10	10
Dislike $_{(-1\text{–}-3)}$[y]	6	4	2	3
Aroma				
Preferable $_{(1\text{–}3)}$	6	5	8	7
Dislike $_{(-1\text{–}-3)}$	6	3	3	2
Flavor				
Preferable $_{(1\text{–}3)}$	5	8	9	6
Dislike $_{(-1\text{–}-3)}$	7	4	4	3
Cohesiveness				
Preferable $_{(1\text{–}3)}$	9	10	9	5
Dislike $_{(-1\text{–}-3)}$	2	2	4	6
Hardiness				
Preferable $_{(1\text{–}3)}$	1	4	4	8
Dislike $_{(-1\text{–}-3)}$	10	8	7	3
Overall				
Preferable $_{(1\text{–}3)}$	7	8	9	11
Dislike $_{(-1\text{–}-3)}$	4	3	3	1

[z] Each number represents sum of preferable panelists.
[y] Each number represents sum of dislike panelists.

表 2. 以 Kruskal-Wallis Test 進行各品評項目之統計分析

Table 2. Analysis of data of sensory evaluation of rice products by the method of Kruskal-Wallis Test

Test criteria	Kruskal-Wallis Test		
	Chi-square value	Degree of freedom	*P* value
Appearance	2.81	3	0.42
Aroma	0.69	3	0.88
Flavor	1.12	3	0.77
Cohesiveness	4.54	3	0.21
Hardiness	4.38	3	0.22
Overall	1.89	3	0.59

第一優先購買順位，預煮米則有 30% (4 人)，而第二購買順位的商品主要為南非白米 (30%) 與印度米 (30%)，由此可知南非白米不論於第一順位或第二順位均是優先商品 (表 3)。

進一步審視市場次要佔有率商品之好惡性，冀望由南非白米與預煮米之偏好情形顯現對於非加工白米之喜好性。就南非白米而言，於香味與口感上均呈現與預煮米無明顯偏好性，而外觀上則較多人認為南非白米較好，硬度上也是較預煮米來的高，整體評估上絕大多數人一致認為喜好南非白米甚於預煮米 (圖 1)。

另觀察台中秈 10 號對於預煮米的好惡性，在外觀性狀與香味項目上，強烈呈現兩組次族群分布，與預煮米相較之下，同時兼具喜好台灣米台中秈 10 號與非喜好兩者，而口感喜好程度上，則是偏向喜好預煮米，但仍有少數人強烈喜好台中秈 10 號之口感，至於其他喜好項目，則普遍認為台中秈 10 號比預煮米具黏性高也較軟，在整體評估上，也顯示一部分人仍喜好平時食用之預煮米，另一部份人已能接受台中秈 10 號 (圖 2)。

理化性質

和米飯食味有關之化學性質有粗蛋白質含量、直鏈性澱粉含量、脂肪酸、水份含量、硫、磷、灰份、水溶性糖、游離糖、無機礦物離子等。品質分析顯示當地預煮米的蛋白質含量 (6.8%) 與心腹白程度 (24.3%) 均是各樣品中最低者，且直鏈性澱粉含量係最高者 (19.8%)，而五者中蛋白質含量最高者 (9.0%) 就屬印度米，其直鏈性澱粉含量係 18.7%，心腹白程度為 41%，另泰國米與南非白米具有蛋白質 (7.1%) 與直鏈性澱粉 (19.1%) 等相同理化性質，但心腹白程度程度略有差異，各為 40.2% 與 42.6%，而台灣米台中秈 10 號蛋白質含量為 8.1%，直鏈性澱粉是 18.8%，心腹白程度為 36.3%。整體顯示預煮米蒸煮後將偏向一個相當乾、鬆的米飯，其口感將與台灣米台中秈 10 號溫潤濕軟之特質迥異 (表 4)。

討　論

史國教育普及不足、識字率不高，使得品評員遴選不易，Oosato *et al.* (1998) 與 Wada *et al.* (2008) 皆指出品評員素質影響品評結果甚劇，而品評人數約 13–20 人便可穩定區別出樣品差異。本試驗品評員為史國高層推廣人員皆具學識能力，能明確辨識各品評項目內涵，受訪年齡層主要為該國青壯年且來自全國各省，對於稻米樣品也已有基本認知，而本次有效受訪人數達 13 人次，相信可讓本次官能品評更正確顯現史國白米需求特性，亦為少數論述分析我國品種國際競爭力與海外推廣之依據。

對於定位史國喜好之白米種類，可由米飯官能品評與樣品購買順位窺知，在捨棄價格最低廉的預煮米 ($E 10/kg) 後，願意購買單價略高 ($E 14/kg) 但口感優於預煮米的南非白米。本次食味品評並以當地大宗商品預煮米作為對照樣品，佐以南非白米、泰國米、印度米等其他商售白米作為參試樣品，冀以顯現史國米飯口感喜好趨勢。南非白米較預煮米具有良好外型、口感、香味，但米飯降溫後易產生偏硬的口感，而台灣米台中秈 10 號則係口感偏軟、黏等特性，藉由 Kruskal-Wallis test 結果顯示兩商品間之各官能項目均未達顯著差異水準，兩者理化性質亦相近，也佐證本次官能品評之正確性，由此表示台灣米台中秈 10 號具有同於市場上原有品牌之偏好程度，未來市場接受度將不受影響，且又保有冷飯軟、黏等特色，更有助於日後市場區隔性的建立。

據 FAO 各國農業統計資料 (FAOSTAT 2009, http://faostat.fao.org/default.aspx.) 顯示 2007 年史瓦濟蘭農業栽培概況，史國主要以玉米及甘蔗為主要栽培作物，各別於該年度種植 47,409 ha 與 53,000 ha，而小麥及水稻栽培面積僅為 220 ha 與 50 ha。而史國每年糧食生產約 75,000 t，但卻

大量進口稻米、小麥、玉米等糧食達 183,000 t，佔整體糧食使用量 71%，其中稻穀進口 23,000 t。若以水稻每公頃平均產量 4000–6000 kg 計算其栽培面積，史國的稻米市場需求面積約在 3812–5719 ha，而目前史國水稻栽培墾區僅達 80 ha，顯示水稻市場需求能遠大於供給面。

表 3. 本試驗品評員對於其 5 種參試稻米樣品之購買意願調查

Table 3. Acceptability and shopping priority of Swaziland panelists to five rice samples [z]

Rice sample	First choice	Second choice
Taiwan indica rice TCS 10	1	2
Indian basmati rice	2	4
Thailand jasmine rice	1	3
South Africa white rice	5	4
Parboiled rice	4	0
Total	13	13

[z] There are 13 Swaziland panelists in this study.

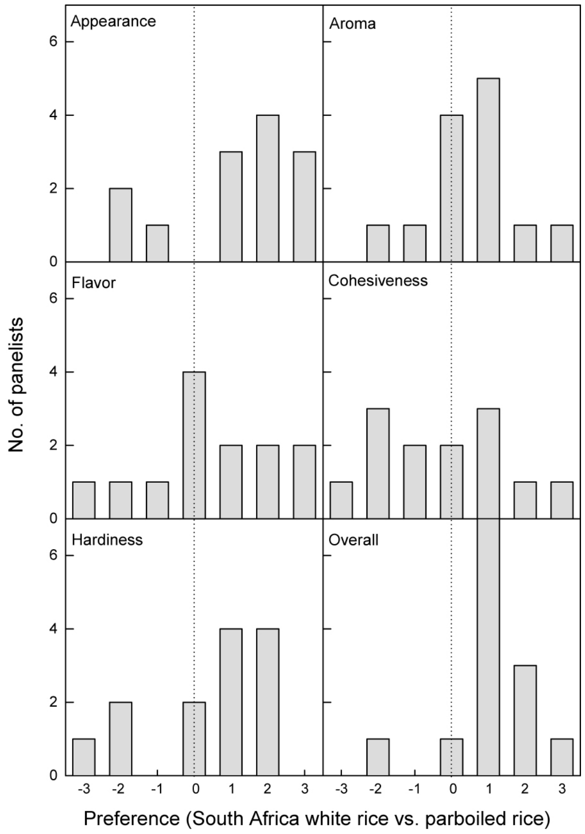

圖 1. 南非白米與預煮米各品評項目之喜好程度比較。

Fig. 1. Preference of the 13 Swaziland panelists to South Africa white rice and parboiled rice. (Preference 1–3 is preferable to South Africa white rice. Preference -3–-1 is dislike for South Africa white rice. Preference 0 meant the same as parboiled rice.)

目前史瓦濟蘭一般小農耕種區域多為看天田，僅能利用雨季 (10 月–隔年 3 月) 種植作物，大多無灌溉設施，即使對於經濟栽培的甘蔗而言，仍仰賴大型自走式噴灌系統，以致生產成本高居不下，但水稻須在具有灌溉溝渠等設施之地區中才能做經濟栽培。史瓦濟蘭有五大河流，即

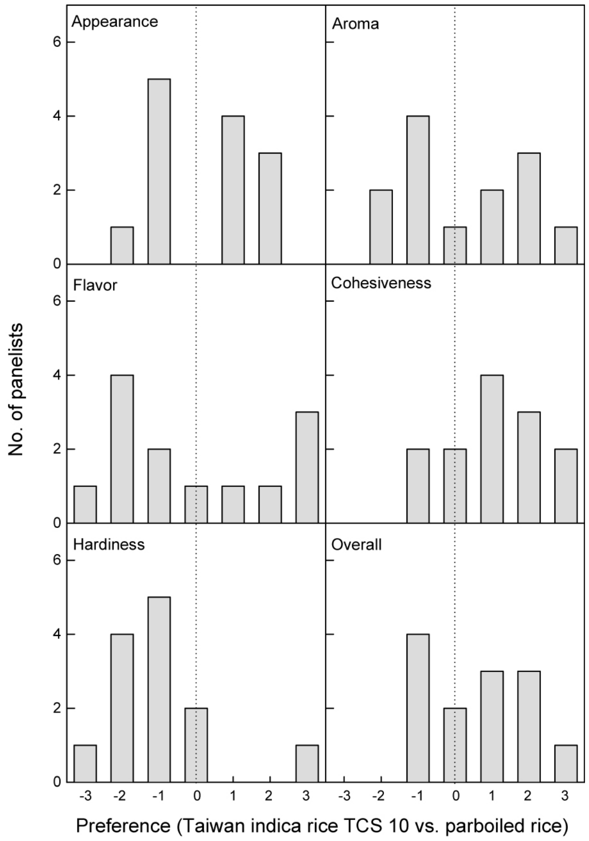

圖 2. 台灣米台中秈 10 號與預煮米各品評項目之喜好程度比較。

Fig. 2. Preference of the 13 Swaziland panelists to Taiwan indica rice, var. TCS 10 and parboiled rice. (Preference 1–3 is preferable to Taiwan indica rice. Preference -3–-1 is dislike for Taiwan indica rice. Preference 0 means the same as parboiled rice.)

表 4. 本試驗各參試樣品史瓦濟蘭商售價格與其理化性質

Table 4. Physicochemical properties of the five rice samples and market price in Swaziland

Rice sample	Protein content	Amylose content	Degree of whiteness	Price [z]
Taiwan indica rice TCS 10	8.1%	18.8%	36.3%	–
Indian basmati rice	9.0%	18.7%	41.0%	E 30/kg
Thailand jasmine rice	7.1%	19.1%	40.2%	E 26/kg
South Africa white rice	7.1%	19.1%	42.6%	E 14/kg
Parboiled rice	6.8%	19.8%	24.3%	E 10/kg

[z] Survey of market price of rice was conducted in Swaziland on September 17, 2009.

Lomati、Mbuluzi、Komaati、Usutu 與 Ngwavuma 河，其中 Usutu 河尚包含 4 條支流，為 Upper great usutu、Ngwempisi、Mkondo 與 Lower great usutu 河。以 Hhohho 省的 Komaati 河灌溉區域最大，達 12,000 ha，其次為 Mbuluzi 河和 Lower great usutu 河皆達 10,000 ha 灌溉面積，各河流引水灌溉面積總達 42,000 ha，雖目前這些已開發灌溉區多栽培棉花、柑橘、蔬菜、甘蔗等作物，若藉由目前高糧價產生的高利基，誘使小農紛紛轉向栽培水稻，不僅可改善小農的經濟狀況，又可避免大量進口糧食所產生的糧食安全問題。

若欲進行大面積推廣，必須確保推廣品種的產量、保護品種純度，應建立史國水稻三級良種繁殖更新制度，因低純度品種經過數代繁殖後，嚴重可能導致品種消失，且推廣低純度之品種，將無法充分發揮該品種的優良特性，甚至影響代表國家品種之品牌形象，且於境外進行繁殖更新除了穩定推廣績效之利，並可由技術團管核優良種苗之來源。

該制度若要落實執行，良種繁殖用與糧食生產用等不同用途之種子應區隔種植，建議每 3 年 1 次單本植生產原原種種子 (0.1 ha，基地農場)，在收穫之前去除異品種、異型株與稗草等生物混雜，人工單株收穫以日曬方式進行乾燥，且以手工單穗脫粒，並以動力風選機風選砂石等非生物混雜物後，才入倉保存，該批原原種種子考慮種子發芽力以 3 年使用為限。此後年年取部份原原種種子，進行多本植生產原種種子 (0.5 ha，基地農場)，原種種子則可以動力脫粒機進行脫粒，但機械必須事先以清水清洗，可讓殘留種子萌發後再使其乾燥脫水死亡，雙重清潔措施確保機械無殘留稻種，乾燥作業則可以熱風乾燥機進行之，但乾燥機事前應也使用於乾燥相同品種 (糧食用)，減少其他品種混雜。最後取原種種子生產採種 (5 ha，優良農戶)，該層級種子則可選任具有優秀栽培經驗之農民進行生產，最後才取採種種子進行推廣種植或糧食生產。若年年混合收穫繁殖，易將異型株後裔與其他混雜品種繁殖擴大混雜比例，將導致品種純度快速下降，且每 3 年繁殖 1 次原原種，不僅省工又可維持種子活力，如此一來便可解決品種純度下降之困擾。若僅每季繁殖時以去偽去雜方式清除異品種，因誤判植株外觀之機率甚高，無法將異品種完全去除，故其方式品種維持效益甚低 (Singh *et al.* 2004; Wu 2006)。

史瓦濟蘭交易市場所流通之商售白米主要由南非進口而來，而台中秈 10 號為駐史瓦濟蘭技術團主要水稻推廣品種，因應國際糧食危機協助史國稻農復耕，目前已有 80 ha 栽培面積 (2009)，而當地主要食用米係預煮米，零售價格約為$E 10/kg，次要食用米為南非白米，價格約為$E 14/kg，另有小包裝進口米如印度米、泰國米等高價米，其商售價格在 $E 26–60/kg 之不等價格。

有鑒於販售初期 (2009) 向墾區農民所收購之稻穀僅約 54 t，並嘗試於當地超市進行試售，因此台灣米的販售重點，將著重於推廣台中秈 10 號的知名度與成立技術團銷售品牌。依據本次官能品評的分析結果，台中秈 10 號與預煮米之間於外觀、香味與口感上，皆各自具有好惡偏好的支持族群，雖整體總評偏向支持台中秈 10 號甚於預煮米，但在尚未得到史瓦濟蘭廣大消費族群的支持前提之下，將先以 2 kg 的小包裝，銷往當地的超級市場，讓消費者更易接觸、嚐試，累積品牌與產品接受度；而零售價格方面，考量南非白米為受訪人員主要期望購買商品，且台中秈 10 號與其官能品評之喜好程度相近，而該類產品在市場上的平均售價約在$E 15/kg 左右，因此台中秈 10 號白米價格，將訂於消費者普遍可以接受之$E 15/kg，作為初期零售價，爾後再依市場銷售情形進行價格調整。

若第一年銷售順利與第二年全面對農民的稻穀進行銷售輔導的前提之下，預計將擴大稻穀收購量至 300 t 進行銷售。未來在市場銷售面，

可區分為 4 大主要市場，第一為南非華人市場，首先要探究白米出口的合法性，此外還要了解白米銷售價扣除所有成本，是否存在合理利潤，第二為史瓦濟蘭華人市場，涵蓋史瓦濟蘭境內所有華人公司、工廠與餐廳，這族群對台中秈 10 號相當了解，品牌忠誠度相當高，在扣除不必要行銷與包裝成本後，在合理利潤的範圍下，販售白米於此一族群，第三為史瓦濟蘭境內超級市場，此市場對米質要求嚴格，相對販售利潤較高，因此將把品質最好的白米銷往此一市場，並進行適當的行銷策略與廣告，第四為史瓦濟蘭傳統市場，此市場要求低價產品對品質要求相對較低，因此將把次級品銷往此一市場，如此一來在市場面與產品品質面皆可兼顧。

誌　謝

本研究承蒙財團法人國際合作發展基金會經費補助，駐史瓦濟蘭技術團葉常青團長協助品評試驗，農業試驗所作物組呂椿棠博士協助統計分析，在此一併誌謝。

引用文獻 (Literature cited)

Behrens, J. H., R. J. B. Heinemann, and U. M. Lanfer-Marquez. 2007. Parboiled rice: A study about attitude, consumer liking and consumption in Sao Paulo, Brazil. J. Sci. Food Agric. 87:992–999.

FAO. 2009. Global cereal supply and demand brief. Crop Pros. Food Sit. 2009: 6–15.

Heinemann, R. J. B., J. H. Behrens, and U. M. Lanfer-Marquez. 2006. A study on the acceptability and consumer attitude towards parboiled rice. Intl. J. Food Sci. Tech. 41:627–634.

Howard, B. M., K. H. McWatters, F. Saalia, and I. Hashim. 2009. Formulation and evaluation of snack crackers made with peanut flour. Cereal Foods World 54:166–171.

Hsu, A. N. 2004. Characters of rice quality analysis and affected factors. Sci. Agric. 52:299–307. (in Chinese)

Linhardt, R., K. Adhikari, I. Grun, and S. Welker. 2008. Consumer sensory test of seven varieties of rice in Osh (Pilaf) at four different locations in Uzbekistan. J. Food Qual. 31:394–401.

Resano, H., A. I. Sanjuan, and L. M. Albisu. 2007. Consumers' acceptability of cured ham in Spain and the influence of information. Food Qual. Preference 18:1064–1076.

Singh, R. K., R. K. Sharma, A. K. Singh, V. P. Singh, N. K. Singh, S. P. Tiwari, and T. Mohapatra. 2004. Suitability of mapped sequence tagged microsatellite site markers for establishing distinctness, uniformity and stability in aromatic rice. Euphytica 135:135–143.

Tomlins, K., J. Manful, J. Gayin, B. Kudjawu, and I. Tamakloe. 2007a. Study of sensory evaluation, consumer acceptability, affordability and market price of rice. J. Sci. Food Agric. 87:1564–1575.

Tomlins, K., L. Sanni, O. Oyewole, A. Dipeolu, D. Ayinde, K. Adebay, and A. Westby. 2007b. Consumer acceptability and sensory evaluation of a fermented cassava product (Nigerian fufu). J. Sci. Food Agric. 87:1949–1956.

Tomlins, K., G. Ndunguru, K. Stambul, N. Joshua, T. Ngendello, E. Rwiza, R. Amour, B. Ramadhani, A. Kapande, and A. Westby. 2007c. Sensory evaluation and consumer acceptability of pale-fleshed and orange-fleshed sweet potato by school children and mothers with preschool children. J. Sci. Food Agric. 87:2436–2446.

Tomlins, K. I., J. T. Manful, P. Larwer, and L. Hammond. 2005. Urban consumer preferences and sensory evaluation of locally produced and imported rice in West Africa. Food Qual. Preference 16:79–89.

Wada, T., T. Ogata, M. Tsubone, Y. Uchimura, and Y. Matsue. 2008. Mapping of QTLs for eating quality and physicochemical properties of the japonica rice 'Koshihikari'. Breeding Sci. 58:427–435.

Wei, M. L., C. T. Lu, and H. Y. Lu. 2004. Demonstration of data analysis in sensory evaluation using SAS programs. Sci. Agric. 52: 97–105. (in Chinese)

Wu, H. D. 2006. Rice Genetic Variation under the Three-Step Propagation System. Master Thesis. Graduate Institute of Agronomy, National Taiwan University. 125 pp. (in Chinese with English abstract)

Oosato, F. K., Y. Hamachi, Y. Kawamura, and Y. Matsue. 1998. Reliability of sensory test for highly palatable rice cultivars. Japan J. Crop Sci. 67: 170–173.

Sensory Evaluation for Preference and Acceptability of the Taiwan Indica Rice var. TCS 10 in the Kingdom of Swaziland[1]

Dong-Hong Wu[2], Chun-Fu Wang[3], and Ming-Hsing Lai[2,4]

Abstract

Wu, D. H., C. F. Wang, and M. H. Lai. 2011. Sensory evaluation for peference and acceptability of the Taiwan indica rice var. TCS 10 in the Kingdom of Swaziland. J. Taiwan Agric. Res. 60:11–20.

People of Swaziland prefer eating dry and loose parboiled rice. The Taiwan indica rice var. Taichung Sen TCS 10 produced in Taiwan has high cooking quality (sticky, soft and tender), but it remains unpopular in the market place of Swaziland. The objective of the study was to conduct a sensory evaluation to determine level of preference and acceptability to the Taiwan indica rice var. TCS 10 in Swaziland. Thirteen agricultural specialists from the organization of World Vision Swazi were invited to serve as panelists for assessing the Taiwan indica rice var. TCS 10 using the method of “Rice Sensory Evaluation Proposal” developed by Council of Agriculture, Taiwan. The five rice samples used in this study were Taiwan indica rice (var. TCS 10), Indian rice variety, Thailand rice variety, South Africa white rice varity (less popular rice in Swaziland) and parboiled rice (the most popular rice in Swaziland). Each cooked rice sample was evaluated for appearance, aroma, flavor, cohesiveness, hardiness and overall appraisal compared with parboiled rice. No significant difference ($P > 0.05$) was found among panelists evaluated on level of preference and acceptance to Taiwan indica rice var. TCS 10, Indian rice, Thailand rice, South Africa white rice. However, about half of the panelists showed an overall perference to the Taiwan indica rice var. TCS 10. This finding suggests that the Taiwan indica rice (var. TCS 10) may be of market potential in the Kingdom of Swaziland and, thus, conducting a further market trial on sales of small packages (2 kg/bag) of Taiwan indica rice var. TCS 10 in Swaziland is warranted.

Key words: *Oryza sativa*, Sensory evaluation, Taiwanese rice, Indica rice, Marketing strategy.

---

1. Contribution No. 2446 from Taiwan Agricultural Research Institute (TARI), Council of Agriculture. Accepted: March 3, 2011.
2. Assistant Researcher and Associate Researcher, Crop Science Division, TARI, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Specialist, Taiwan Technical Mission in the Kingdom of Swaziland, Matsapha, Swaziland.
4. Corresponding author, e-mail: mhlai@tari.gov.tw; Fax: (04)23399544.

台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 60(1):21–38 (2011)

夜間光照時程對水稻生長、發育及產量之影響[1]

李裕娟[2] 楊純明[2,3] 蕭巧玲[2]

摘　要

李裕娟、楊純明、蕭巧玲。2011。夜間光照時程對水稻生長、發育及生產之影響。台灣農業研究 60:21–38。

本研究於臺中市霧峰區之行政院農業委員會農業試驗所農場進行田間試驗，選用較低感光性稻種臺稉 2 號 (TK 2) 及較高感光性稻種臺稉 11 號 (TK 11) 為參試材料，利用高壓鈉燈 (HPSL)、水銀燈 (ML) 及不照光 (CK) 等 3 種光源進行兩種夜間光照 (暗期光中斷) 時程之處理 (時程 I：23：30 至 01：30，光照 2 小時；時程 II：23：30 至 24：30，光照 1 小時)，據以探討夜間光照對不同感光性稻種生長、發育及產量之影響。經由位於不等光源距離稻株植被 (冠) 上方之光子流密度 (PPFD) 測值分佈曲線，發現概以 HPSL 之光輻射測值大於 ML 者，且均符合以距離平方倒數之遞減比例衰降，在兩參試稻種所測得之趨勢亦類似。由試驗結果發現，兩稻種植株高度對夜間額外光照反應之差異不大，單株葉片數和葉面積則因此而受到明顯促進，並增加葉片與莖桿之鮮、乾重。此一生長促進效果愈接近光源愈明顯，而 2 小時程之處理效應略多大於 1 小時時程，HPSL 光源又高於 ML 光源。稻株生育之進展將因為夜間光照而延後 (緩)，無論自插秧至 50%抽穗或由 50%抽穗至收穫等兩期間皆然，且愈近光源之稻株延後效應愈明顯。雖然夜間額外光照促進了稻株之生長性狀，但光敏感性較高之 TK 11 稻種的穗鮮、乾重卻因此而出現顯著下降現象，經分析原因主要係稻株有效分蘗百分比及稔實率減少之故，且 2 小時光照時程減少幅度略大於 1 小時，HPSL 處理又高於 ML 處理。穗重的降低導致收穫指數顯著下降，接近光源距離 2 m 內的 TK 11 稻株甚至減為對照組的 15–55%或無法抽穗。光敏感性較低之 TK 2 稻種受到夜間光照影響相對小於 TK 11，雖然有效分蘗百分比無明顯差異，惟稔實率及千粒重的降低也造成 TK 2 收穫指數的下降。

關鍵詞：夜間光照、暗期光中斷、光照處理時程、水稻、生育、產量。

前　言

光照對於農作物生產之影響係全面性的，日間光照通常提供作物生育所需之能源及相關基本物質，帶動各種生理生化機制之進行，同時影響作物自營養生長相轉化為生殖生長相之

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2447 號。接受日期：100 年 3 月 3 日。
2. 本所作物組助理研究員、研究員、助理研究員。台灣　台中市。
3. 通訊作者，電子郵件：cmyang@tari.gov.tw；傳真機：(04)23317118。

期程及向性 (tropism)。前者以光合作用為主體，後者牽涉植物色素、光週性 (期) (photoperiodism) 及植物荷爾蒙。從光週性觀點分析植物開花對白晝明期光照時數 (或更正確的說是夜間暗期長短) 的需求，可將植物概分為短日型植物 (short-day plant; SDP)、中性植物 (day-neutral plant; DNP)、長日型植物 (long-day plant; LDP) 及中間性植物 (intermediate plant) 四種類型 (Garner & Allard 1923; Kao & Tang 1978; Nelson 2005)。水稻係臺灣最主要的穀類/糧食作物，常被歸屬於短日型，亦即在水稻的營養生長期間 (稻種發芽至幼穗形成期)，其生長環境的暗期長度必須高於臨界暗期才會促進幼穗及花芽的形成，甚至於抽穗開花。

一般而言，水稻穗始原體 (panicle primordium) 發生在短日 (長夜) 條件下，在長日 (短夜) 條件下穗始原體會有延遲發生或正常發生但不發育之結果 (Chang 1988)。Bertero *et al.* (1999) 亦指出水稻之小穗花形成 (floral initiation) 會受到光週期之影響，其次會影響到小穗花發育。因此，抽穗時期受光週期之影響很大，且不同水稻品種對光週期之敏感性可能不同，此種對感光性差異之範圍，即為作物適應於不同光照環境條件之一 (Best 1959; Evans *et al.* 1984; Fukai 1999; Tang *et al.* 1978)。大多數之水稻品種最適光週期 (optimum photoperiod) 介於 9–10 小時之間，較長或較短之日長都將延遲抽穗，至於延遲抽穗時間之長短則隨著品種對光週期的敏感性而異 (Chang 1988; Best 1959; Yin & Kropff 1996)。大致上，不同水稻品種對光週期之反應可區分為不感光性 (較為鈍感)、部分感光性及敏銳感光性等三類 (Vergara & Chang 1985)。有研究以長日或短日處理不同稻種，發現其抽穗日數差異不大 (Yin & Kropff 1996, 1998)，然而另有研究指出以 9–12.5 小時為最適光週期之稻種，經短日處理 (4–12 小時) 可加速抽穗，若以長日處理下 (13–24 小時) 則會延長營養生長期並且延遲幼穗形成 (Best 1959)。通常對光週期較為敏感之品種，以長日處理會明顯地延長其抽穗所需天數，而對光週期較為不敏感之品種，以長日或短日處理之抽穗所需天數差異不大 (Yin & Kropff 1996, 1998; Yin *et al.* 1997)。

事實上，目前已知不同水稻品種之間確實存在極大的光週期感應差異 (Coolhaas & Wormer 1953; Chandraratna 1954; Best 1959; Tang *et al.* 1978; Evans *et al.* 1984; Vergara & Chang 1985)，一般秈稻、糯性稻及早熟稉稻品種受到光強度的影響較為敏感。臺灣現行育成之栽培種水稻，由於採用連續育種方式，稻種選育常跨越一、二期作，因此對光週期較為敏感之基因型多被淘汰，使得育成品種多留下對光週期較不敏感之基因型。固然如此，接受額外夜間光照的植株，仍可能因為長期夜間光照改變其光週性而致生育延緩，進而造成異常抽穗開花，尤其是感光性品種反應較為敏銳。無論短日型或長日型植物，當在日間利用光輻射能生產的簡單光合產物，未能順利的在夜間進行正常的生理反應，以進一步轉化成生長發育所需的各種化合物時，可預見必然干擾既定的生理生化代謝及生育進展。以屬於長日型果樹普遍栽培於高屏地區的印度棗為例，夜間光照使其提前開花、增加開花數及提早產期 (Chiou 1992; Chiou & Huang 1994; Chiou *et al.* 1998; Chiou & Weng 2003)，經整夜連續照光者其產期將較不照光者提早 40 天 (Chiou & Weng 1996)；反之，屬於短日型的水稻在夜間光照處理下則延後抽穗開花 (Huang 2006; Lee *et al.* 2010)。

依照現行對植物光週性的認知，此特性調控植體內生長素之形成與含量，進而改變其生理代謝功能和運轉。並認為係由一微量的藍綠色色素「光敏素 (phytochrome)」作為接受光週期訊息的接受者，透過吸收紅光的 Pr 型態色素

及另一吸收遠紅光的 Pfr 型態色素之間的轉換誘引許多光形態相關活動的發生，終至於生育期進展 (Walker & Bailey 1968; Thomas & Vince-Prue 1996; Devlin 2002; Nagy & Schaefer 2002; Kevei & Nagy 2003; Thomas 2006)。人工光源一如太陽光輻射，被發現亦會影響農作物之生產，如前述人工光源對印度棗之作用 (Chiou & Weng 1996; Chiou *et al*. 1998)，或短期夜間光照對稻株生長發育 (Lee *et al.* 2010) 與抽穗開花 (Izawa *et al.* 2002) 之干擾等，最後均可能改變生產表現。Lee *et al.* (2010) 之研究即指出道路照明常用之水銀燈 (mercury lamp; ML) 及高壓鈉燈 (high pressure sodium lamp; HPSL) 對水稻生育具有明顯影響，其中水銀燈主要光輻射包括紫光 (400–425 nm)、藍光 (425–490 nm)、綠光 (490–560 nm) 及黃光 (560–585 nm) 等可見光波段，另有少量近紅外光波段 (740–1200 nm)，而高壓納燈之主要光輻射則涵蓋綠光至紅光波段 (490–740 nm)，亦有相當近紅外光波段輻射量。這些光波段之光輻射乃影響作物生長與開花的光質，且通常光強度愈強其影響愈顯著。

雖然影響稻株生育及產量之氣象因素頗多，其交感作用亦十分複雜，單一光照因子仍可對稻株生長、發育及產量造成深遠影響。本研究藉由選用不等光敏感性稻種來探討夜間光照對稻株生長、發育及生產之影響，又由夜間光照之時程長短來瞭解光輻射強度之劑量效應，以進一步釐清與解釋額外夜間光源照射對水稻乃至於其他類似農作物生產的影響機制。

材料與方法

參試稻種及夜間光照處理

本項田間試驗設於臺中市霧峰區之行政院農業委員會農業試驗所農場，2007 年二期稻作及 2008 年一稻期作之夜間光照時程為 2 小時 (午夜 23：30–01：30)，2008 年二期作及 2009 年一期作之夜間光照時程為 1 小時 (23：30–00：30)，參試稻種由預備試驗結果選用相對感光性較高之臺稉 11 號 (TK 11) 及較低之臺稉 2 號 (TK 2)。夜間光照處理係於接近暗期中間之午夜時分進行人工光源照射，自插秧後 1 個月開始夜間照明直至收穫為止，而光源計有高壓鈉燈 (HPSL; 70 W/220 V, E27, Philips Electronics N.V., Holland)、水銀燈 (ML; 80 W/220 V, China Electronic MFG Corp., Taipei, Taiwan, ROC) 及不照光 (no light treatment; CK) 等 3 種。由輻射光譜儀 (model GER-2600, Geophysical & Environmental Research Corp., New York, USA) 量測 HPSL 及 ML 兩種光源之放射光譜 (圖 1)，光源架設高度距離地面 3 m，設置於各處理長方形田區 (長 25 m × 寬 10 m) 之一頂角，一如 Lee *et al.* (2010) 設計。光源之光合作用光子流密度 (photosynthetic photon flux density; PPFD) 係以光量子測計 (quantum sensor; LI-189, Li-Cor Crop., Nebraska, USA) 為之，分別在距離光源 0.5、1、2、4、6、8 及 10 m 之水稻植被 (冠) 表面垂直上方測定，以獲得光源中心不等距離同心圓之光輻射測值，而偵測之光輻射波長範圍為 400–700 nm、單位為 μmol photons m^{-2} s^{-1}。

水稻栽培及取樣調查

當秧苗至 3–4 葉齡期，以南北向多本植方式機插於試驗田區，土壤質地為壤土，酸鹼值 pH 5.36，有機質含量 2.21%。栽植期間之肥料施用，係於插秧後 1 週內施用硫銨 200 kg ha^{-1} 為基肥，插秧後 3–4 週施用臺肥 39 號複合肥料 200 kg ha^{-1} 為第 1 次追肥，插秧後 5–6 週施用尿素 100 kg ha^{-1} 為第 2 次追肥，最後於抽穗前 2–3 週再施用硫銨 160 kg ha^{-1} 為穗肥。在雜草防除上，插秧後施用 8%丁拉殺丹粒劑 30 kg ha^{-1}，又於第一次追肥前以人工除草 1 次。栽植期間若發生病蟲害，則參考行政院農業委員會出版之「植物保護手冊 (2004)」農藥

推薦方法與使用量來施用，二化螟蟲防治係施用 6%培丹粒劑 30 kg ha^{-1}，瘤野螟防治藥劑為 40.6%加保扶水懸劑 1.2 L ha^{-1} (1000× 稀釋液)，50%歐殺松可濕性粉劑 1.2 kg ha^{-1} (1000× 稀釋液) 使用於防治褐飛蝨，50%維利黴素 1 L ha^{-1} (1000× 稀釋液) 則防治紋枯病及其他病害。

為釐清夜間光照時程對參試水稻生長、發育與產量之影響，乃於稻苗移植、50%抽穗及收穫等 3 時間點在距離光源不等同心圓位置進行取樣，調查包括株高 (PH)、葉片數 (LN)、葉面積 (LA) 及植株各部位 [葉片 (L)、桿 (C)、穗 (P)] 之鮮重 (FW) 與乾重 (DW; 80℃烘乾 72 小時) 等稻株生長性狀，以及包括有效分櫱百分比 (percent effective tillers; PET)、稔實率 (percent filled grains; PFG) 及千粒重 (1000-grain weight; 1000-GW) 等收穫產量性狀。其中，PET = (穗數/分櫱數) × 100%，PFG = [稔實粒數/(稔實粒數 + 未稔實粒數)] × 100%，1000-GW 則為一千粒稔實穀粒重。另計算收穫指數 (harvest index, HI)，公式為 HI = [穗乾重/(葉乾重 + 桿乾重 + 穗乾重)] × 100%，以瞭解穗重占地上部植體重之比例。試驗資料以 SAS 軟體 (Version 8.1, SAS Institute 1998) 統計分析，又以 SigmaPlot (Version 8.0) 統計繪圖軟體繪製圖形。

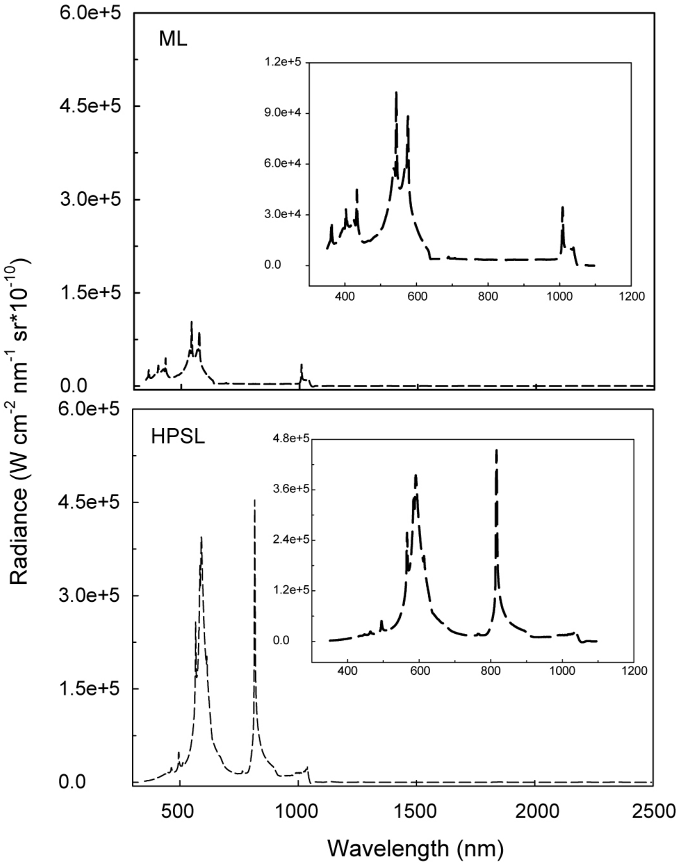

圖 1. 水銀燈 (ML) 及高壓鈉燈 (HPSL) 之輻射光譜。

Fig. 1. The radiance spectra of mercury lamp (ML) and high pressure sodium lamp (HPSL).

結　果

本項試驗採用兩種常見路燈光源-水銀燈 (ML) 和高壓鈉燈 (HPSL)，分別將之架設於田間，由此兩光源之放射光譜可知其質與量之間均有明顯差別 (圖 1)。另由位於光源不等距離同心圓量測之光輻射強度曲線分佈圖，顯示光強度隨著光源距離的增加而下降 (圖 2)。惟原設定之架設高度 (3 m) 因水田軟質土壤而略有高低浮沉，使得在 2007 年二期作和 2008 年一期作架設於 TK 2 之光源高度略低於 TK 11 者，因此量測之 ML 和 HPSL 的光強度較高於 TK 11；反之，在 2008 年二期作和 2009 年一期作架設於 TK 11 之光源高度略低於 TK 2 者，因此量測之 ML 和 HPSL 的光強度較高於 TK 2。

稻株經過夜間光照 (暗期光中斷) 處理將改變其發育節奏，使得生育進展異於常態表現，包括由插秧至 50%抽穗及由 50%抽穗至收穫等兩時期 (表 1A 及 1B)。由表中資料，稻株距離光源愈近則各時期延長之天數有增加的趨勢，而且較高感光性稻種 TK 11 延長之生育天數普遍大於較低感光性稻種 TK 2，相同光源之 2 小時處理時程之延長效果又高於 1 小時處理時程。另雖然 HPSL 光源對延長稻株生育天數的效果大多高於 ML 光源，但是不同生育階段之延長效應不一。

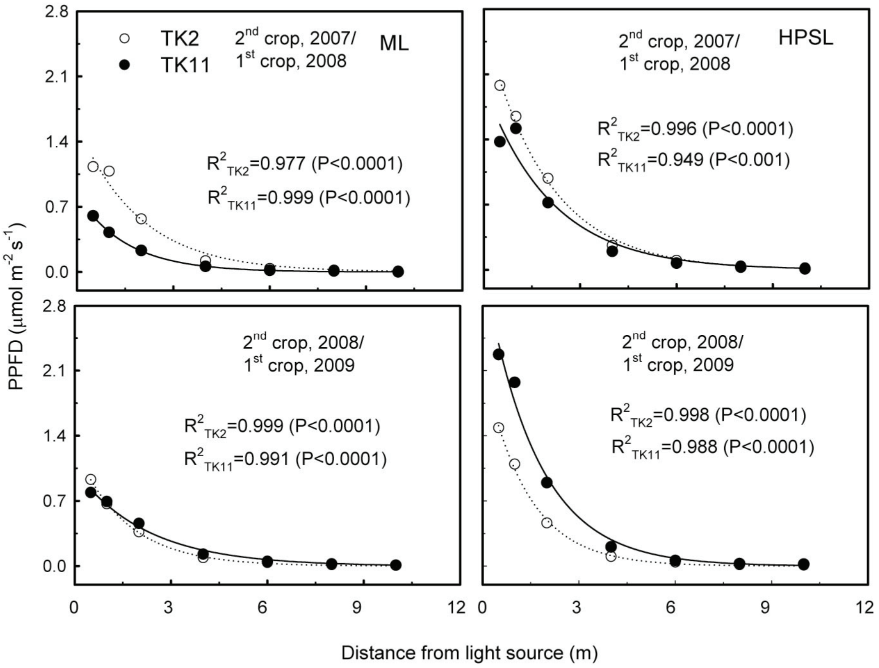

圖 2. 位於不同光源 (ML 及 HPSL) 之不等距離同心圓水稻 (TK 2 及 TK 11) 植被垂直上方量測之光子流密度曲線分佈圖。

Fig. 2. The photosynthetic photon flux density (PPFD) measured above canopies of rice cultivars TK 2 and TK 11 at various distances from mercury lamp (ML; left figures) and high pressure sodium lamp (HPSL; right figures). Top figures are second crop of 2007 and first crop of 2008 and bottom figures are second crop of 2008 and first crop of 2009.

表 1A. 不同光源與距離之夜間光照 (暗期光中斷) 處理對 2007 年二期稻作及 2008 年一期稻作期間之水稻臺稉 11 號及臺稉 2 號發育天數之影響

Table 1A. Effect of source and distance of night illumination on development and growth of rice cultivars TK 11 and TK 2 in the fields (second crop of 2007 and first crop of 2008) [z]

		Distance from light source (m)													
Light	Growth	Cultivar TK 2							Cultivar TK 11						
source	duration	0.5	1	2	4	6	8	10	0.5	1	2	4	6	8	10
HPSL[y], 2 h	2^{nd} crop, 2007														
	T-FH [x]	77	77	76	72	72	72	72	N [w]	N	N	74	72	72	72
	FH-H	49	49	44	38	38	38	38	N	N	N	52	51	42	42
	Total	126	126	120	110	110	110	110	N	N	N	126	123	114	114
	1^{st} crop, 2008														
	T-FH	96	96	95	91	88	87	86	102	102	102	93	88	84	84
	FH-H	38	38	37	37	37	37	37	45	45	45	41	38	37	37
	Total	134	134	132	128	125	124	123	147	147	147	134	126	121	121
ML, 2 h	2^{nd} crop, 2007														
	T-FH	68	68	67	66	65	65	65	72	72	70	70	65	65	65
	FH-H	54	54	53	47	49	49	49	54	54	50	44	44	44	44
	Total	122	122	120	113	114	114	114	126	126	120	114	109	109	109
	1^{st} crop, 2008														
	T-FH	91	91	91	91	88	87	87	85	85	85	85	81	81	81
	FH-H	41	41	39	39	36	36	36	62	62	62	47	43	41	41
	Total	132	132	130	130	124	123	123	147	147	147	132	124	122	122
CK	2^{nd} crop, 2007														
	T-FH	65							62						
	FH-H	49							43						
	Total	114							109						
	1^{st} crop, 2008														
	T-FH	86							81						
	FH-H	36							40						
	Total	122							121						

[z] There is difference in sensitivity to night illumination between TK 11 and TK 2. Data are 2-h night illumination for these two field tests.
[y] Light sources, HPSL: high pressure sodium lamp; ML: mercury lamp; CK: Control (no light treatment). Data are mean values averaging from different distances.
[x] T-FH: days from transplanting to 50% heading; FH-H: days from 50% heading to harvest; Total: days from transplanting to harvest.
[w] N: no heading of rice plants.

有關夜間光照對於參試水稻生長之影響，對於相對較低感光性稻種 TK 2 而言，試驗結果顯示株高之間差異不大 (圖 3)。但是，額外的夜間光照具有促進葉片數與葉面積之趨勢，相同光源之 2 小時處理時程效果大於 1 小時處理時程，HPSL 光源之促進效果又高於 ML 光

源，而葉面積的生長促進效應類似於葉片數之表現。對於相對較高感光性稻種 TK 11，處理間之株高差異參差不齊，然而葉片數和葉面積兩生長性狀亦呈現促進效果，且 2 小時處理時程大於 1 小時、HPSL 光源處理高於 ML 光源處理 (圖 4)。

表 1B. 不同光源與距離之夜間光照 (暗期光中斷) 處理對 2008 年二期稻作及 2009 年一期稻作期間之水稻臺稉 11 號及臺稉 2 號發育天數之影響

Table 1B. Effect of source and distance of night illumination on development and growth of rice cultivars TK 11 and TK 2 in the fields (second crop of 2008 and first crop of 2009) [z]

		Distance from light source (m)													
Light	Growth	Cultivar TK 2							Cultivar TK 11						
source	duration	0.5	1	2	4	6	8	10	0.5	1	2	4	6	8	10
HPSL[y], 1 h	2nd crop,2008														
	T-FH [x]	73	72	68	68	68	68	68	74	72	69	68	68	68	61
	FH-H	48	46	50	50	48	48	48	54	53	52	39	39	39	46
	Total	121	118	118	118	116	116	116	128	125	121	107	107	107	107
	1st crop,2009														
	T-FH	94	93	93	87	86	85	85	92	92	92	86	85	81	79
	FH-H	36	34	34	36	35	36	36	51	51	51	44	37	33	34
	Total	130	127	127	123	121	121	121	143	143	143	130	122	114	113
ML, 1 h	2nd crop,2008														
	T-FH	72	71	71	71	68	68	68	70	69	69	69	63	63	61
	FH-H	48	47	47	47	48	48	48	57	56	49	38	44	44	46
	Total	120	118	118	118	116	116	116	127	125	118	107	107	107	107
	1st crop,2009														
	T-FH	88	88	86	85	85	85	85	87	87	87	85	81	80	79
	FH-H	41	41	39	35	35	35	35	51	49	49	36	34	34	35
	Total	129	129	125	120	120	120	120	138	136	136	121	115	114	114
CK	2nd crop,2008														
	T-FH	69							60						
	FH-H	49							44						
	Total	118							104						
	1st crop,2009														
	T-FH	83							80						
	FH-H	34							34						
	Total	117							114						

[z] There is difference in sensitivity to night illumination between TK 11 and TK 2. Data are 1-h night illumination for these two field tests.

[y] Light sources, HPSL: high pressure sodium lamp; ML: mercury lamp; CK: Control (no light treatment). Data are mean values averaging from different distances.

[x] T-FH: days from transplanting to 50% heading; FH-H: days from 50% heading to harvest; Total: days from transplanting to harvest.

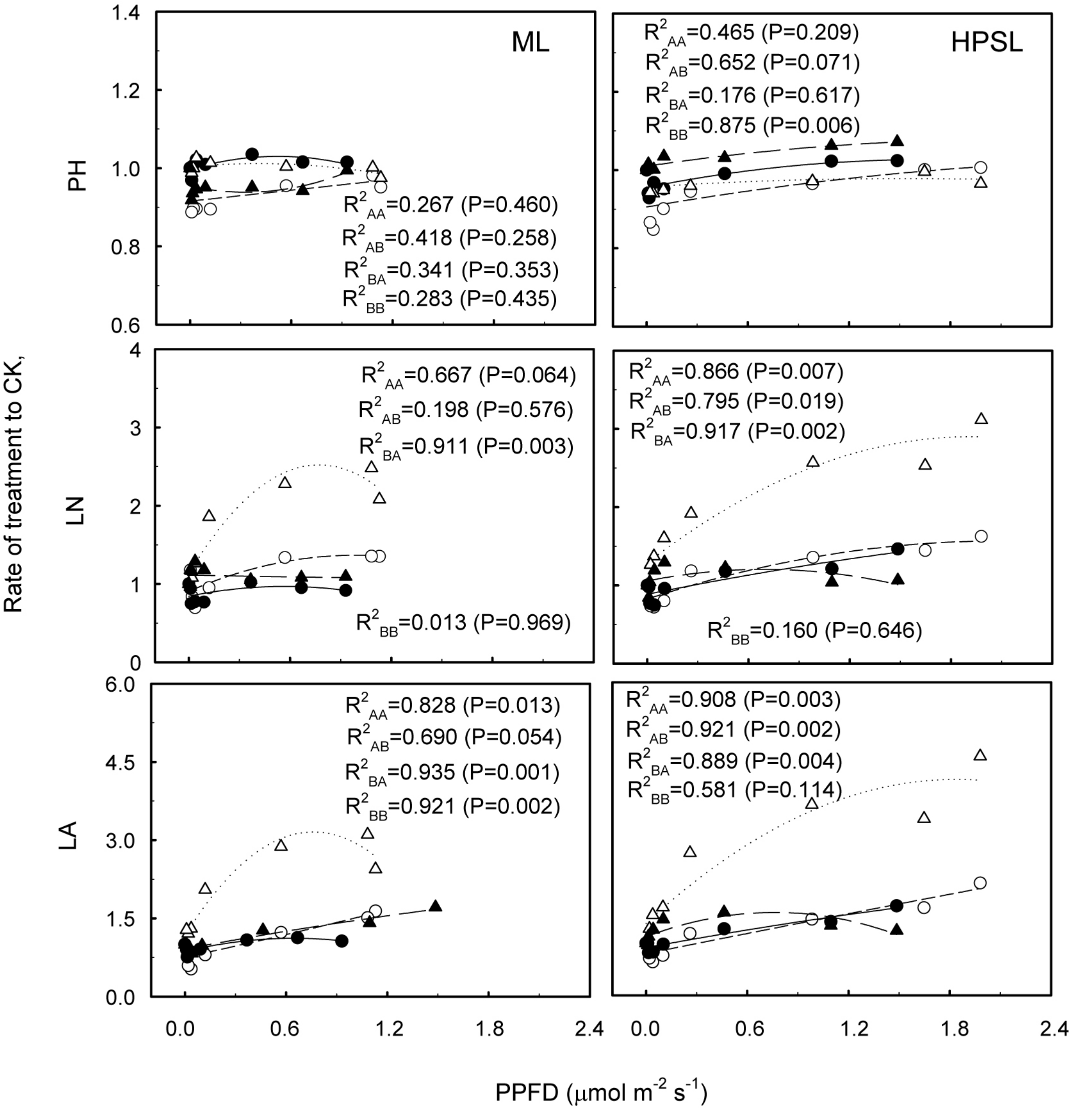

圖 3. 栽植於 2007 年二期至 2009 年一期之水稻品種臺稉 2 號 (TK 2) 經不等光子流密度 (PPFD) 夜間光照處理植株之株高 (PH)、葉片數 (LN) 及葉面積 (LA) 相對於不照光對照植株之比率變化分佈圖。

Fig. 3. Effect of photosynthetic photon flux density (PPFD) from night illumination (ML or HPSL) treatment for 2 h or 1 h on plant height (PH), leaf number (LN) and leaf area (LA) of rice cultivar TK 2 grown in 2007–2009. Data are calculated by ratio of light treatment and dark control. Symbols in this figure are: ○: 1st crop, 2008 (2h)-AA; ●: 1st crop, 2009 (1h)-AB; △: 2nd crop, 2007 (2h)-BA; and ▲: 2nd crop, 2008 (1h)-BB.

比較葉片鮮、乾重和莖桿鮮、乾重之調查結果，較低感光性 TK 2 水稻經過夜間光照處理後，也出現重量隨著光強度上升而增加的趨勢 (圖 5)。不分栽植年份和期作，2 小時處理時程大於 1 小時處理時程，HPSL 光源處理高於 ML 光源處理。較高感光性 TK 11 水稻有類

似結果 (圖 6)，在各栽植年份和各期作皆以 2 小時處理時程大於 1 小時處理時程、HPSL 光源處理高於 ML 光源處理。惟此兩品種之葉片鮮、乾重的促進比例均大於莖桿鮮、乾重者，而且兩品種皆以2007年二期作2小時之夜間光照增加幅度最為顯著。

夜間光照對參試水稻產量上之影響，則視品種感光性而有差別。對於較低感光性水稻品種 TK 2，夜間光照處理未有顯著降低穗重之效果 (圖 7)；對於較高感光性水稻品種 TK 11，無論栽植年份、期作與光源類別，稻穗的鮮、乾重均因夜間光照而大幅減少，除了一期作之 HPSL 光源處理，2 小時處理時程下降幅度概大於 1 小時處理時程， HPSL 光源處理又高於 ML 光源處理 (圖 8)。

分析參試水稻之產量構成要素，較低感光

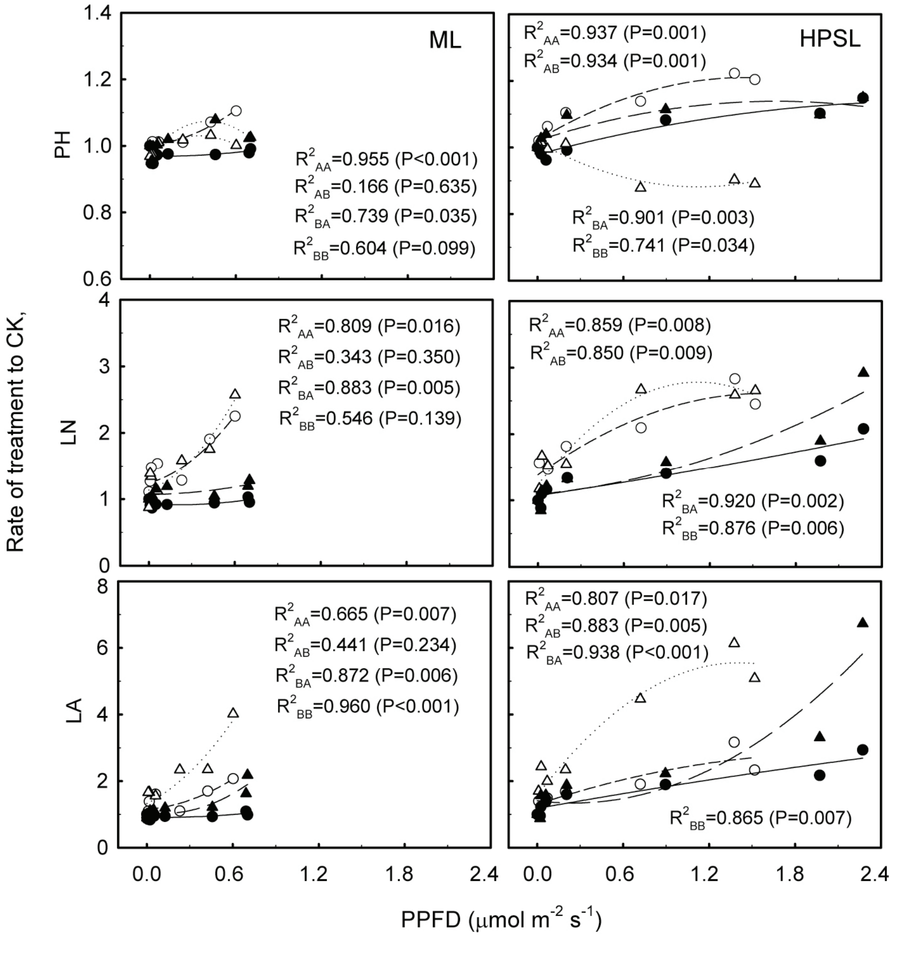

圖 4. 栽植於 2007 年二期至 2009 年一期之水稻品種臺稉 11 號 (TK 11) 經不等光子流密度 (PPFD) 夜間光照處理植株之株高 (PH)、葉片數 (LN) 及葉面積 (LA) 相對於不照光對照植株之比率變化分佈圖。

Fig. 4. Effect of photosynthetic photon flux density (PPFD) from night illumination (ML or HPSL) treatment for 2 h or 1 h on plant height (PH), leaf number (LN) and leaf area (LA) of rice cultivar TK 11 grown in 2007–2009. Data are calculated by ratio of light treatment and dark control. Symbols in this figure are: ○: 1st crop, 2008 (2h)-AA; ●: 1st crop, 2009 (1h)-AB; △: 2nd crop, 2007 (2h)-BA; and ▲: 2nd crop, 2008 (1h)-BB.

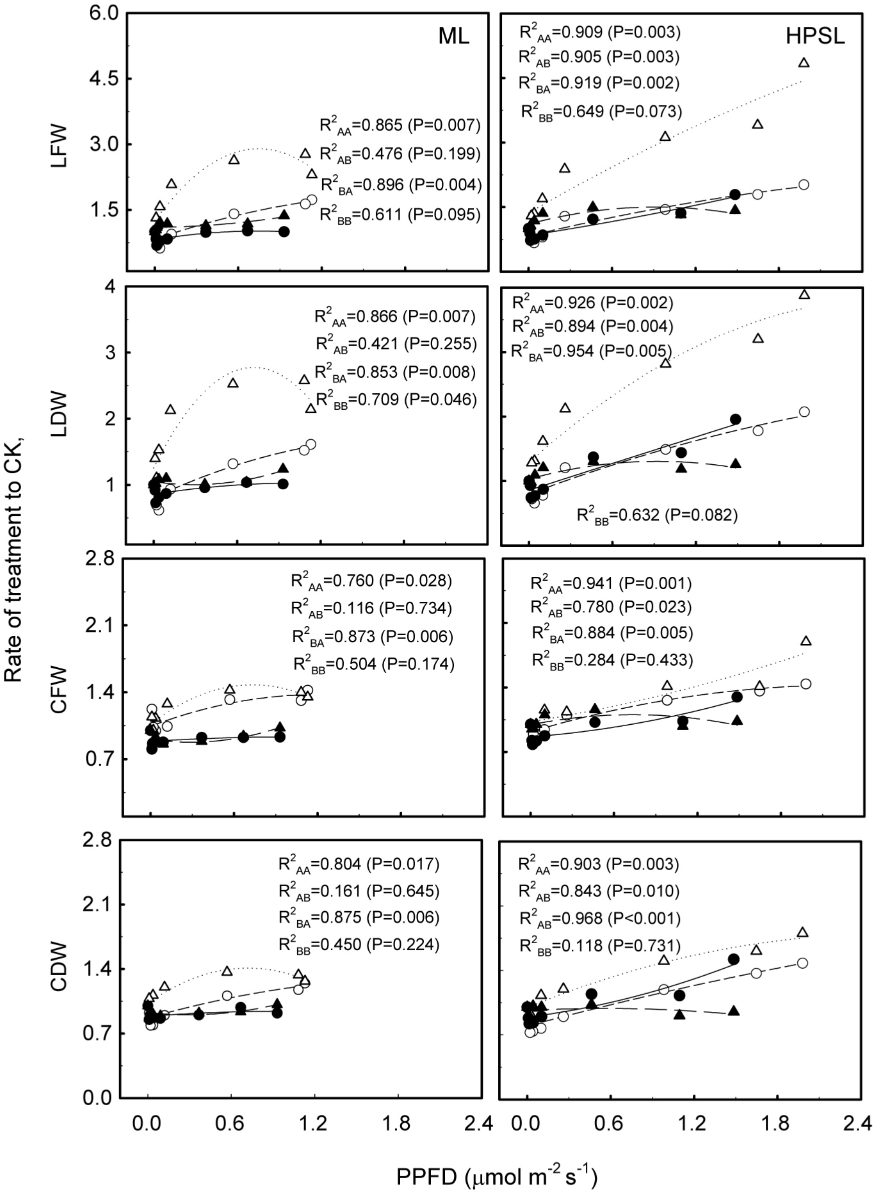

圖 5. 栽植於 2007 年二期至 2009 年一期之水稻品種臺稉 2 號 (TK 2) 經不等光子流密度 (PPFD) 夜間光照處理植株之葉片鮮重 (LFW)、葉片乾重 (LDW)、稈鮮重 (CFW) 及稈乾重 (CDW) 相對於不照光對照植株之比率變化分佈圖。

Fig. 5. Effect of photosynthetic photon flux density (PPFD) from night illumination (ML or HPSL) treatment for 2 h or 1 h on leaf fresh weight (LFW), leaf dry weight (LDW), culm fresh weight (CFW) and culm dry weight (CDW) of rice cultivar TK 2 grown in 2007–2009. Data are calculated by ratio of light treatment and dark control. Symbols in this figure are: ○: 1st crop, 2008 (2h)-AA; ●: 1st crop, 2009 (1h)-AB; △: 2nd crop, 2007 (2h)-BA; and ▲: 2nd crop, 2008 (1h)-BB.

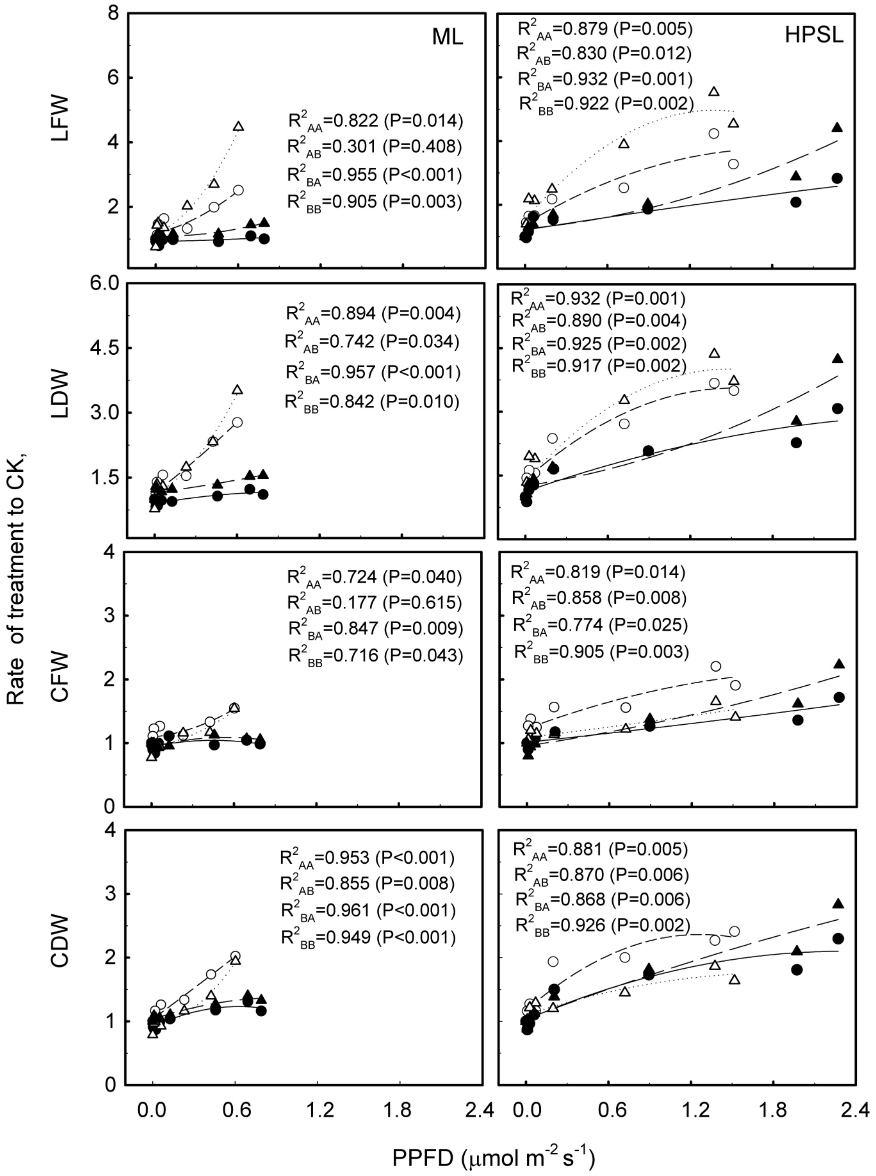

圖 6. 栽植於 2007 年二期至 2009 年一期之水稻品種臺稉 11 號 (TK 11) 經不等光子流密度 (PPFD) 夜間光照處理植株之葉片鮮重 (LFW)、葉片乾重 (LDW)、桿鮮重 (CFW) 及桿乾重 (CDW) 相對於不照光對照植株之比率變化分佈圖。

Fig. 6. Effect of photosynthetic photon flux density (PPFD) from night illumination (ML or HPSL) treatment for 2 h or 1 h on leaf fresh weight (LFW), leaf dry weight (LDW), culm fresh weight (CFW) and culm dry weight (CDW) of rice cultivar TK 11 grown in 2007–2009. Data are calculated by ratio of light treatment and dark control. Symbols in this figure are: ○: 1st crop, 2008 (2h)-AA; ●: 1st crop, 2009 (1h)-AB; △: 2nd crop, 2007 (2h)-BA; and ▲: 2nd crop, 2008 (1h)-BB.

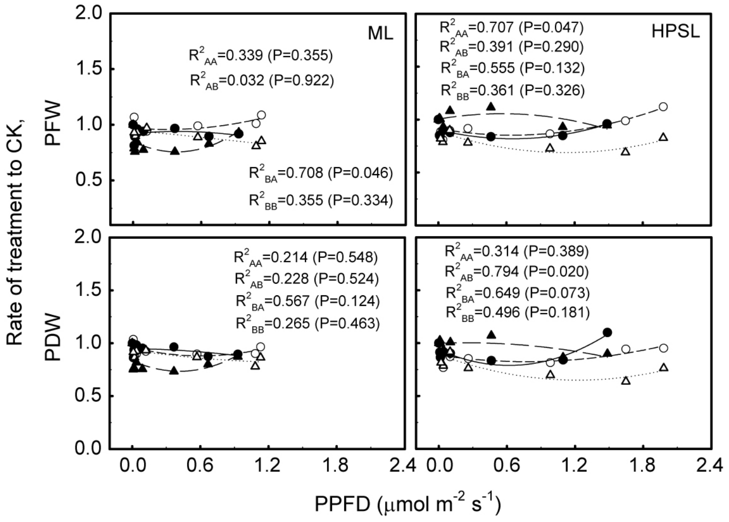

圖 7. 栽植於 2007 年二期至 2009 年一期之水稻品種臺梗 2 號 (TK 2) 經不等光子流密度 (PPFD) 夜間光照處理植株之穗鮮重 (PFW) 及穗乾重 (PDW) 相對於不照光對照植株之比率變化分佈圖。

Fig. 7. Effect of photosynthetic photon flux density (PPFD) from night illumination (ML or HPSL) treatment for 2 h or 1 h on panicle fresh weight (PFW) and panicle dry weight (PDW) of rice cultivar TK 2 grown in 2007–2009. Data are calculated by ratio of light treatment and dark control. Symbols in this figure are: ○: 1st crop, 2008 (2h)-AA; ●: 1st crop, 2009 (1h)-AB; △: 2nd crop, 2007 (2h)-BA; and ▲: 2nd crop, 2008 (1h)-BB.

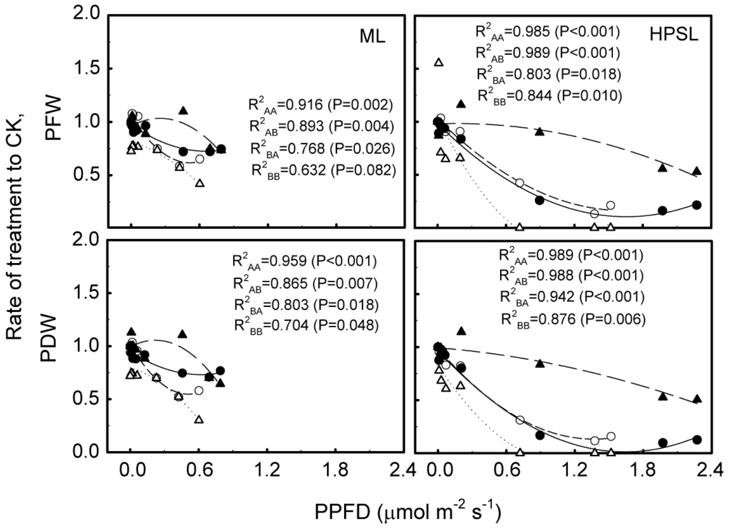

圖 8. 栽植於 2007 年二期至 2009 年一期之水稻品種臺梗 11 號 (TK 11) 經不等光子流密度 (PPFD) 夜間光照處理植株之穗鮮重 (PFW) 及穗乾重 (PDW) 相對於不照光對照植株之比率變化分佈圖。

Fig. 8. Effect of photosynthetic photon flux density (PPFD) from night illumination (ML or HPSL) treatment for 2 h or 1 h on panicle fresh weight (PFW) and panicle dry weight (PDW) of rice cultivar TK 11 grown in 2007–2009. Data are calculated by ratio of light treatment and dark control. Symbols in this figure are: ○: 1st crop, 2008 (2h)-AA; ●: 1st crop, 2009 (1h)-AB; △: 2nd crop, 2007 (2h)-BA; and ▲: 2nd crop, 2008 (1h)-BB.

性稻種 TK 2 之有效分蘗百分比 (PAT)之變化不顯著，稔實率 (PFG) 及千粒重 (1000-GW) 在 HPSL 光源處理隨光強度升高而下降 (圖 9)。此外，無論 ML 或 HPSL 光源，光強度愈高則收穫指數 (harvest index) 降低愈大。對於較高感光性稻種 TK 11，以 ML 及 HPSL 光源

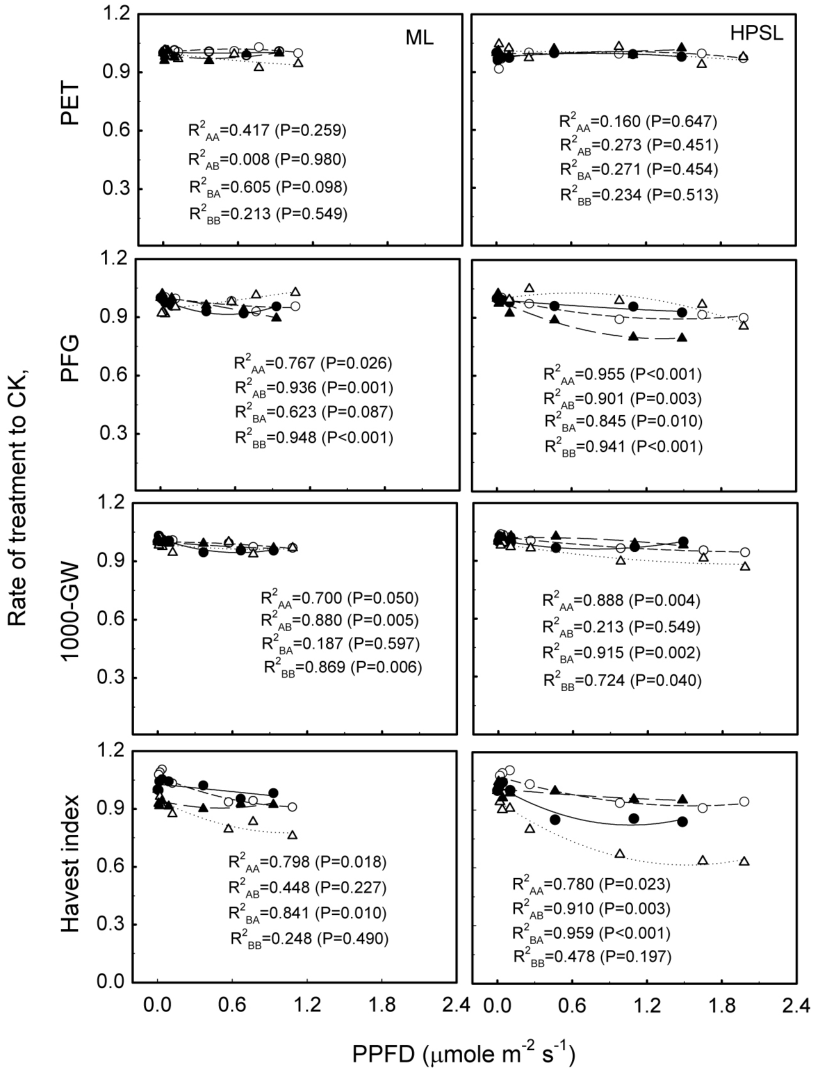

圖 9. 栽植於 2007 年二期至 2009 年一期之水稻品種臺稉 2 號 (TK 2) 經不等光子流密度 (PPFD) 夜間光照處理植株之有效分蘗百分比 (PET)、稔實率 (PFG)、千粒重 (1000-GW) 及收穫指數 (HI) 相對於不照光對照植株之比率變化分佈圖。

Fig. 9. Effect of photosynthetic photon flux density (PPFD) from night illumination (ML or HPSL) treatment for 2 h or 1 h on percent effective tillers (PET), percent filled grains (PFG), 1000-grain weight (1000-GW) and harvest index (HI) of rice cultivar TK 2 grown in 2007–2009. Data are calculated by ratio of light treatment and dark control. Symbols in this figure are: ○: 1st crop, 2008 (2h)-AA; ●: 1st crop, 2009 (1h)-AB; △: 2nd crop, 2007 (2h)-BA; and ▲: 2nd crop, 2008 (1h)-BB.

進行夜間光照處理將造成PAT及PFG等產量性狀明顯下降，且 2 小時處理時程多大於 1 小時處理時程，尤其是 HPSL 光源之 2 小時時程造成最大的下降幅度 (圖 10)。然 1000-GW 之變化除了 HPSL 光源之 2 小時時程處理之外，其餘並無顯著差異。而收穫指數則呈現大幅下降，PSL 光源之 2 小時時程處理甚至造成不抽穗或穀粒不充實。

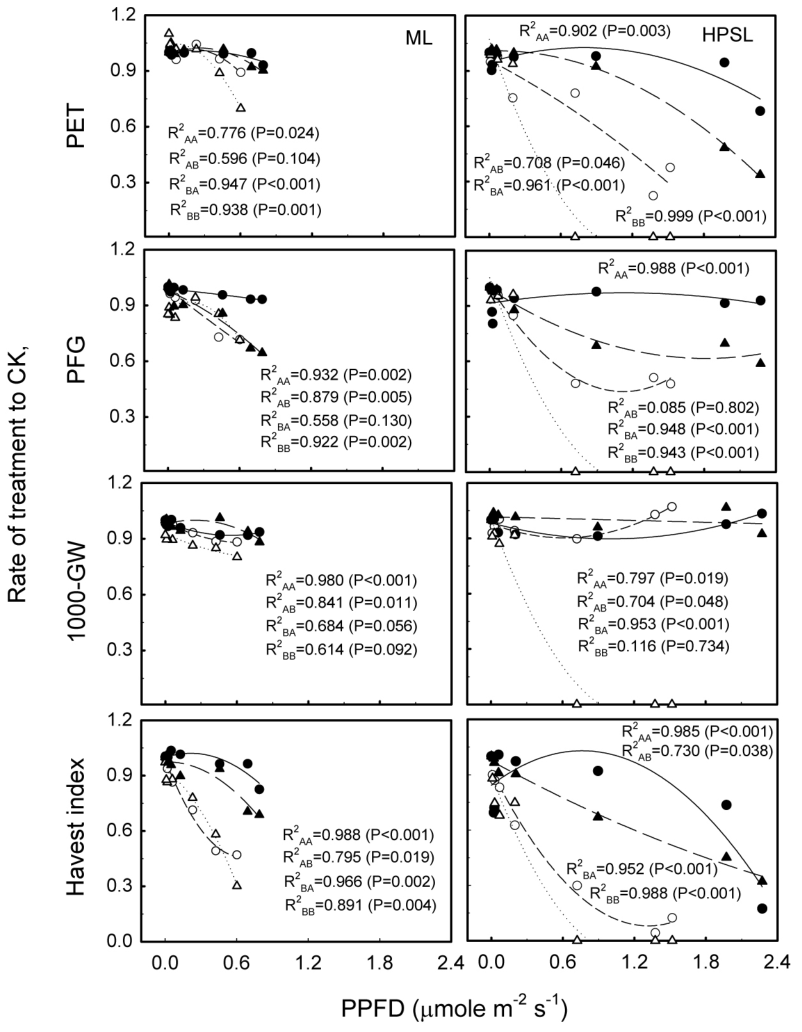

圖 10. 栽植於 2007 年二期至 2009 年一期之水稻品種臺稉 11 號 (TK 11) 經不等光子流密度 (PPFD) 夜間光照處理植株之有效分蘗百分比 (PET)、稔實率 (PFG)、千粒重 (1000-GW) 及收穫指數 (HI) 相對於不照光對照植株之比率變化分佈圖。

Fig. 10. Effect of photosynthetic photon flux density (PPFD) from night illumination (ML or HPSL) treatment for 2 h or 1 h on percent effective tillers (PET), percent filled grains (PFG), 1000-grain weight (1000-GW) and harvest index (HI) of rice cultivar TK 11 grown in 2007–2009. Data are calculated by ratio of light treatment and dark control. Symbols in this figure are: ○: 1st crop, 2008 (2h)-AA; ●: 1st crop, 2009 (1h)-AB; △: 2nd crop, 2007 (2h)-BA; and ▲: 2nd crop, 2008 (1h)-BB.

討　　論

本試驗藉由 ML 及 HPSL 兩種人工光源於午夜照明來探討夜間光照 (暗期光中斷) 時程 (即時間長短) 對水稻生長、發育與產量之影響，並以不照光 (CK) 作為對照和比較之基準。首先，由兩種光源之放射光譜 (圖 1) 及光源不等距離同心圓量測之光強度曲線分佈 (圖 2)，驗證了光輻射測值會隨著距離平方倒數之遞減趨勢，因此距離光源愈遠則光照強度將快速的減少。因為架設高度在水田的浮沉而些微改變預設 3 m 之高度，因此 ML 光輻射強度在稻種 TK 2 之 2007 年二期稻作和 2008 年一期稻作，距離光柱 0.5 m 處植被上方之測值為 1.2 μmol photons m^{-2} s^{-1}，高於 TK 11 植被上方測值 0.65 μmol photons m^{-2} s^{-1}，在 2008 年二期稻作和 2009 年一期稻作則兩稻種之間光強度差異不大。大致上在相同光源距離之 HPSL 光強度大多高於 ML 者，最近光源距離之 HPSL 光強度最大值約 2.1 μmol photons m^{-2} s^{-1}，ML 光強度最大值約 1.5 μmol photons m^{-2} s^{-1} (圖 2)。除了光質差異之外，由於在相同位置 HPSL 光源之輻射強度較高於 ML 光源，可以預期有較大的夜間光照處理效應。

經由生育天數的調查，可發現稻株經過夜間光照處理後將會改變其發育節奏，於是由插秧至 50%抽穗及由 50%抽穗至收穫等兩時期之天數在處理間存在差異 (表 1A 及 1B)。換言之，夜間額外的照明不僅將可能延長短日照型稻株之營養生長期，也可能同時延遲稻穗的形成及穀粒的充實，但是各生育期有不等之反應，類似於 Chen *et al.* (2005) 研究發現。此外，試驗結果也顯示出距離光源愈近則延長天數愈長之趨勢，而且較高感光性稻種 TK 11 之延長效果普遍大於較低感光性稻種 TK 2，HPSL 光源增加的天數大多高於 ML 光源。由此可知，雖然夜間光照同時影響營養及生殖生長相，然而各生育階段可能對夜間光照具有不同的反應機制，尚且各光源之不同光質及光強度亦可能形成差異，仍待進一步試驗究明其原因。相關研究如 Best (1959) 曾指出水稻的最適光週期介於 9–12.5 小時，在此範圍內可快速誘導幼穗形成，若以短日處理 (4–12 小時) 將會使抽穗提前，若以長日處理 (13–24 小時) 則會延長營養生長期並延遲幼穗形成。Yin & Kropff (1996, 1998) 亦指出長日處理會增加對光週期較為敏感品種之抽穗所需天數，而無論以長日或短日處理對光週期較不敏感品種，其抽穗所需天數幾無差別。本研究參試稻種將會因為夜間光照而延後抽穗與收穫日期，此一現象蘊涵夜間光照對於花序 (穗) 及花器官 (小穗花) 分化的影響效應，不僅帶給農民管理上的不方便，也不利於收割日期與機具安排，而其影響機制未來值得再進一步探討。

近似於 Huang (2006) 和 Chen *et al.* (2005) 之試驗結果，參試稻種株高未受到夜間光照而有明顯促進，然而葉片數、葉面積、葉鮮重與乾重及莖桿鮮重與乾重等性狀則有明顯增加趨勢，高感光性稻種 (TK 11) 反應較低感光性稻種 (TK 2) 強烈 (圖 3–6)。又由於 HPSL 光源處理效果高於 ML 光源，2 小時處理時程大於 1 小時處理時程，以及愈近光源之增加幅度愈明顯，顯示光輻射處理對生長的促進存在劑量效應，夜間額外照明強度與時間將會影響營養器官 (莖桿與葉片) 生長的促進結果。合併前述對生育進展的延遲作用，顯見夜間光照可能破壞了遺傳與環境之間的穩定關係，也改變了原來光週性，因而造成生長與發育的異常。其次，在所調查的生長性狀當中，以葉部形態 (如葉面積) 及植體生質量 (如莖、葉重量) 受到光環境的影響較大。

夜間光照對參試水稻生殖生長之影響，除了抽穗期的延後，亦降低穗重，對高感光性稻種尤然 (圖 7、圖 8)。本研究選用之較高感光

性稻種 TK 11 穗重，即因為夜間光照處理而明顯降低，僅 1 小時 HPSL 處理時程即可能使得穗重減少至不照光對照組的 15–55%，而 2 小時處理更可能造成稻株不抽穗、穀粒不充實。在位於光源相同距離上，HPSL 處理效果大於 ML 處理，因此未來光強度與光質之各別效應仍需要予以釐清。再者，吾人可以單一波長或組合波長之發光二極體 (light-emitting diode; LED) 作為人工光源，利用於減少或降低夜間光照的負面作用。深入分析產量構成要素後發現，不等感光性稻種受到之影響程度不一，較低感光性稻種 TK 2 以 PFG 及 1000-GW 的降低較明顯，較高感光性稻種 TK 11 則 PET、PFG 及 1000-GW 等性狀均呈下降結果 (圖 9、圖 10)。又因 2 小時處理時程效果大於 1 小時處理時程、HPSL 光源高於 ML 光源，再次顯示持續探究光強度與光質之間差別效應的必要。Sato (1974) 在水稻光照處理試驗發現，長日處理將增加分蘗數，Mitchell (1953) 及 Templeton *et al*. (1961) 在黑麥草與高狐草之短日處理試驗指出將會造成分蘗數的減少。本試驗進一步發現夜間光照將降低稻株 PET，原因在於穗數的減少 (不抽穗或延遲抽穗)，再加上 PFG 及 1000-GW 的下降導致穗重減少，進而促使 HI 降低，尤以高感光性稻種 (TK 11) 最為明顯。

Chang *et al.* (2006) 認為早熟稻種對日長變化較敏感，在長日照條件下稻株之總葉數、穗數與產量都可能增加，中晚熟稻種則對於日長較為鈍感，而秈稻品種受日長影響多大於稉稻品種 (Collinson *et al.* 1992)。Ganashan & Whittington (1976) 試驗結果指出，在長日條件下水稻每穗穎花數將會減少。本項試驗則顯示，對於光敏感性之水稻品種，產量降低的主要因素可能包括有效分蘗多寡、稔實率高低及穀粒充實情形，端視夜間光照條件而異。本文綜合試驗結果後據此建議，避免在有夜間光害顧慮之田區種植高光敏感性水稻品種，尤其是具有早熟特性之稉稻 (如 TK 11) 或秈稻。若必須選用稻種栽植，可以考慮中晚熟低感光水稻品種 (如 TK 2)，以減少延遲抽穗及產量損失之夜間光照危害。此外，亦可考慮以人為方式 (如採用定向 LED 光源、遮光板、濾光網) 降低光輻射強度或減少光照時程，以減輕光害之負面作用。

引用文獻 (Literature cited)

Bertero, H. D., R. W. King, and A. J. Hall. 1999. Modelling photoperiod and temperature responses of flowering in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Field Crops Res. 63:19–34.

Best, R. 1959. Photoperiodism in rice. Field Crop Abs. 12:85–93.

Chandraratna, M. F. 1954. Photoperiod response in rice (*Oryza sativa* L.). I. Effects on inflorescence initiation and emergence. New Phytol. 53:397–405.

Chang, C. H. 1988. The Essentials of Rice. p.1–57. National Institute for Compilation and Translation, Taipei.

Chang, M., J. C. Lo, and C. P. Liu. 2006. Effects of daylength on rice heading date and agronomic characters. Crop Environ. Bioinform. 3:147–158.

Chen, Y. M., H. C. Wu, T. B. Huang, C. P. Liu, and T. M. Shen. 2005. Effects of all night lighting on the growth of rice (*Oryza sativa*), water caltrops (*Trapa natans*) and Indian jujube (*Zizyphus mauritana* Lam.). Crop Environ. Bioinform. 2:182–192. (in Chinese with English abstract)

Chiou, C. Y. 1992. Effects of days of lighting enhancement during the night on the yielding date and fruit quality of Indian jujube. Res. Bull. Kaohsiung Dist. Agric. Res. Ext. Stn. 4:1–9. (in Chinese with English abstract)

Chiou, C. Y. and M. T. Huang. 1994. Effects of lighting during the night on the flowering and yield date of Indian jujube (*Zizyphus mauritiana* Lam.). Chinese J. Agromet. 1:115–120. (in Chinese with English abstract)

Chiou, C. Y. and J. H. Weng. 1996. Effects of night interruption on flowering and yielding date of Indian jujube (*Zizyphus mauritiana* Lam.). Chinese J. Agromet. 3:121–124. (in Chinese with English abstract)

Chiou, C. Y., M. T. Huang, and J. H. Weng. 1998. Effects of night lighting hours on the flowering and

yielding date of Indian jujube. J. Agric. Assoc. China New Ser. 182:1–11. (in Chinese with English abstract)

Chiou, C. Y. and J. H. Weng. 2003. Effects of interrupted nocturnal lighting on the growth and development of Indian jujube (*Ziziphus mauritiana* Lam.). Res. Bullet. Kaohsiung Dist. Agric. Res. Ext. Stn. 14: 1–9. (in Chinese with English abstract)

Collinson, S. T, R. H. Ellis, R. J. Summerfield, and E. H. Roberts. 1992. Durations of the photoperiod-sensitive and photoperiod-insensitive phases of development to flowering in four cultivars of rice (*Oryza sativa* L.) Ann. Bot. 70:339–346.

Coolhaas, C. and T. M. Wormer. 1953. Developmental differences in rice plants in relation to photoperiodism. Neth. J. Agric. Sci. 1:207–216.

Devlin, P. F. 2002. Signs of the time: environmental input to the circadian clock. J. Exp. Bot. 53:1535–1550.

Evans, L. T., R. M. Visperas, and B. S. Vergara. 1984. Morphological and physiological changes among rice varieties used in the Philippines over the last seventy years. Field Crops Res. 8:105–124.

Fukai, S. 1999. Phenology in rainfed lowland rice. Field Crops Res. 64:51–60.

Ganashan, P. and W. J. Whittington. 1976. Genetic analysis of the response to day length in rice. Euphytica 25:107–115.

Garner, W. W. and H. A. Allard. 1923. Further studies in photoperiodism, the response of the plant to relative length of day and night. J. Agric. Res. 23:871–920.

Huang, M. C. 2006. Effect of All Night Lighting on the Yield and Quality of Rice. Master thesis. National ChungHsing University. Taichung, Taiwan, ROC. 55 pp. (in Chinese with English abstract)

Izawa, T., T. Oikawa, N. Sugiyama, T. Tanisaka, M. Yano, and K. Shimamoto. 2002. Phytochrome mediates the external light signal to repress *FT* orthologs in photoperiodic flowering of rice. Genes Dev. 16: 2006–2020.

Kao, C. H. and W. T. Tang. 1978. Plant Growth and Differentiation. p.158–164. *in:* Department of Agronomy. National Taiwan University. Taipei.

Kevei, E. and F. Nagy. 2003. Phytochrome controlled signaling cascades in higher plants. Physiol. Plant. 117:305–313.

Lee, Y. J., C. M. Yang, and C. L. Hsiao. 2010. Effects of short-term night interruption on the growth, development and yield of rice. J. Taiwan Agric. Res. 59:1–18. (in Chinese with English abstract)

Mitchell, K. J. 1953. Influence of light and temperature on the growth of ryegrass (*Lolium* spp.). I. Pattern of vegetative development. Physiol. Plant. 6:21–46.

Nagy, F. and E. Schaefer. 2002. Phytochromes control photomorphogenesis by differentially regulated, interacting signaling pathways in higher plants. Annu. Rev. Plant Biol. 53:329–355.

Nelson, R. 2005. An Introduction to Behavioral Endocrinology. 3rd ed. Sinauer Associates, Inc. Pub. Sunderland, Massachusetts, USA. 822 pp.

Sato, K. 1974. Growth responses of rice plant to environment conditions Ⅲ. The effects of photoperiodand temperature on the growth and chemical composition. Proc. Crop Sci. Soc. Jpn. 43:402–409. (in Japanese with English abstract)

Tang, S., P. Ni, P. Tung, and J. Shen. 1978. Flowering response of rice cultivars to different photoperiods and temperatures in phytotron. Acta Phytophysiol. Sin. 4:153–168.

Templeton, W. C., G. O. Mott, and R. J. Bula. 1961. Some effects of temperature and light on growth and flowering of tall fescue, *Festuca arundinacea* Schreb. Ⅰ. Vegetative development. Crop Sci. 1: 216–219.

Thomas, B. and D. Vince-Prue. 1996. Photoperiodism in Plants. 2nd ed. Academic Press. New York. 428 pp.

Thomas, B. 2006. Phytochrome and photoperiodic induction. Physiol. Plant. 81:572–577.

Vergara, B. S. and T. T. Chang. 1985. The Flowering Response of the Rice Plant to Photoperiod. 4th ed. IRRI. Los Banos, Philippines. 61 pp.

Walker, T. S. and J. L. Bailey. 1968. Two spectrally different forms of the phytochrome chromophore extracted from etiolated oat seedlings. Biochem. J. 107:603–605.

Yin, X. and M. J. Kropff. 1996. Use of the Beta function to quantify effects of photoperiod on flowering and leaf number in rice. Agric. For. Meteorol. 81:217–228.

Yin, X. and M. J. Kropff. 1998. The effect of photoperiod on interval between panicle initiation and flowering in rice. Field Crops Res. 57:301–307.

Yin, X., M. J. Kropff, and M. A. Ynalvez. 1997. Photoperiodically sensitive and insensitive phase of preflowering development in rice. Crop Sci. 37: 182–190.

Effect of Night Illumination on Growth, Development and Yield of Rice [1]

Yuh-Jyuan Lee[2], Chwen-Ming Yang[2,3], and Chiao-Ling Hsiao[2]

Abstract

Lee, Y. J., C. M. Yang, and C. L. Hsiao. 2011. Effect of night illumination on growth, development and yield of rice. J. Taiwan Agric. Res. 60:21–38.

Field experiments were conducted at the experimental farm of Taiwan Agricultural Research Institute, Wufeng, Taichung, Taiwan to determine effects of night illumination on growth, development and yield of rice, using a light-sensitive cultivar TK 11 and a light-insensitive cultivar TK 2. The two lighting treatments were further divided into two subtreatments: (a) lighting for 2-h (from 23 : 30 to 01 : 30) and (b) lighting for 1-h (from 23 : 30 to 00 : 30). Both mercury lamp (ML) and high pressure sodium lamp (HPSL) were chosen as light sources for the treatment. Values of photosynthetic photon flux density (PPFD) measured above rice canopies of TK 2 and TK 11 were in proportion to the reverse law of squares, and the values of light intensity were higher in HPSL than in ML. Compared to the control (no light illumination), plant height was not significantly affected by night illumination of ML and HPSL, but the light treatments significantly increased leaf number and leaf area and thereby, increased the fresh weight and dry weight of rice leaves and culms. The effects of growth promotion were more prominent for plants closer to the light source, plants treated with 2-h night illumination (compared to 1-h night illumination), and light source from ML (compared to light source from HPSL). Night illumination prolonged growth of rice plants for both of transplanting to 50% heading and 50% heading to harvest, and this growth promotion phenomenon was more prominent for plants closer to the light source due to increase in light intensity. For the light sensitive variety TK 11, both fresh weight and dry weight of panicles were greatly reduced due to reduction of productive tillers and increased of empty grains. The reduction of fresh and dry weights of TK 11 in 2-h night illumination was higher than in 1-h night illumination, and it was also higher in HPSL treatment than in ML treatment. Compared to TK 11, the effect of night illumination on panicle weights and harvest index of the light insensitive variety TK 2 was less obvious, and the contributing factors for yield reduction were percentage of filled grains and 1000-grain weight, not percentage of effective tillers.

Key words: Night illumination, Dark period light interruption, Period of light treatment, Rice, *Oryza sativa*, Growth and development, Yield.

---

1. Contribution No. 2447 from Taiwan Agricultural Research Institute (TARI), Council of Agriculture. Accepted: March 3, 2011.
2. Respectively, Assistant Research, Researcher, and Assistant Researcher, Crop Science Division, TARI, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Corresponding author, e-mail: cmyang@tari.gov.tw; Fax: (04)23317118.

台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 60(1):39–48 (2011)

台灣產二種藥用石斛的栽培介質及礦物元素分析 [1]

羅淑芳[2] 郭昭麟[3] 廖大經[2] 陳宗禮[4] 蔡新聲[5,6]

摘　要

羅淑芳、郭昭麟、廖大經、陳宗禮、蔡新聲。2011。台灣產二種藥用石斛的栽培介質及礦物元素分析。台灣農業研究 60:39–48。

黃花石斛的幼苗培養於全量 MS 培養基，添加 1.5%蔗糖，不添加任何有機添加物或分別添加 8%香蕉泥、8%馬鈴薯汁液或 8%椰子汁等四種培養基培養 20 週，再以水苔或水苔 + 中細蛇木屑為栽培介質，移植 20 週後植株成活率可達 93–100%；而僅以中細蛇木屑不含水苔為栽培介質的成活率僅 40–67%。另外，銅皮石斛的幼苗培養於全量 MS 培養基，添加 1.5%蔗糖，8%香蕉泥 + 8%馬鈴薯汁液 + 8%椰子汁等培養 20 週後，移植到水苔或水苔 + 中細蛇木屑混合的栽培介質，植株的成活率可達 100%，顯示銅皮及黃花石斛組培苗最佳的栽培介質為水苔或水苔 + 中細蛇木屑，移植到溫室 1 年後顯示以水苔 + 中細蛇木屑為栽培介質，對於兩種石斛的植株鮮重、株高及根數有顯著的效果。銅皮石斛及黃花石斛組培苗培養 20 週、組培苗移植 1 年的植株及野生植株等 3 種材料分析其礦物元素含量包括 N、P、K、Ca、Mg、Fe、Mn、Cu、Zn、B 和 Na，結果銅皮石斛及黃花石斛組培苗培養 20 週的 N、P、K、Fe、Mn、Cu、Zn 和 B 含量有較高的趨勢，但兩物種組培苗移植 1 年的植株，除了 Ca、Mg 及 Na 含量較高外，其餘礦物元素含量顯著降低，有部份與野生植株含量類似，故此兩種初期移植組培苗的礦物含量高，不適宜直接利用為中藥材，而可採用組培苗移植 1 年後的植株。

關鍵詞：銅皮石斛、黃花石斛、栽培介質、礦物元素。

前　言

台灣的石斛屬植物有 14 種，大多分布於海拔 300–2000 m 山區，因此，台灣的自然環境適於石斛的栽種 (Chen 1995)。Bao *et al*. (2001) 調查重要的藥用石斛分布地區及種類，計有台灣產的櫻石斛 (*Dendrobium linawanum* Reichb f.)、銅皮石斛 [*Dendrobium moniliforme* (L.) Sw.] 及黃花石斛 (*Dendrobium tosaense* Makino) 等 3 種，其中黃花石斛與銅皮石斛較常用，而黃花石斛僅產在台灣及日本有產。因為台灣原生種石斛類藥材的族群迅速減少，而銅皮石斛

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2451 號。接受日期：100 年 3 月 7 日。
2. 本所嘉義農業試驗分所農藝系助理研究員。台灣　嘉義市。
3. 中國醫藥大學中國藥學暨中藥資源學系副教授兼系主任。台灣　台中市。
4. 中興大學農藝學系教授。台灣　台中市。
5. 朝陽科技大學生化科技研究所講座教授。台灣　台中市。
6. 通訊作者，電子郵件：hstsay@cyut.edu.tw；傳真機：(04)23742371、23304921。

及黃花石斛的野生族群亦日漸減少中，實有進行組織培養大量繁殖的必要；而蘭科組培苗的栽培介質若以蛇木為主，其優點為能迅速排水、乾燥，通氣性高保水低，分解速率慢，栽植期可長達 5–7 年，但缺點為養分不易附著，增加施肥的困難度，因此，不適單用以栽植小苗 (Sheehan 1980)。自 1980 年代末期至今，蘭科大量企業化栽培多採水苔為栽培介質 (Lin 1983)，水苔為蘚苔類的一種，柔軟如棉而稍富彈性，裝盆時填壓之鬆緊度會影響含水量，但其吸水、保水性特佳，又有促進發根的效果，對於地生蘭及各種小苗極適宜 (Engl 1976)。然而，採集不易，價格昂貴，故僅於幼苗期與其他材料混合使用 (Huang 1977)。

整個中藥材生長過程中，若病蟲害的防治不力，農藥殘留及重金屬超標準的問題，將直接影響中藥品質和中藥產品的安全性。因此，本試驗組培苗移植時最適合的栽培介質及比較石斛的野生植株、組培苗及移植苗等 3 種不同來源的植株所含礦物元素的差異性，此分析結果可供市場供應安全優質藥材之參考。

材料與方法

不同栽培介質對二種石斛植株生長之影響

自宜蘭縣棲蘭山柳杉林採集到銅皮石斛，其莖呈圓柱形，葉片為長披針型，花瓣為白色，唇瓣有一帶狀棕色 (圖 1A)。而自花蓮縣天祥的峭壁上採集到黃花石斛，其莖呈圓柱形，葉片為圓盾型，花瓣為淡綠色，唇瓣白色中部具紅色粗斑塊，唇瓣基部為黃色 (圖 1B)。以黃花石斛的種子播種所獲得的綠苗約 0.5 cm，培養於全量的 MS (Murashige & Skoog 1962) 培養基，添加 1.5%蔗糖，8%香蕉泥、8%馬鈴薯汁液或 8%椰子汁培養基的組培苗培養 20 週後，移植時將其根上的洋菜洗淨後，以稀釋 1000 倍之億力浸泡 20–30 分鐘後，再分別種植於水苔 (sphagnum moss)、中細蛇木屑 (tree fern) 長度約 1.5 cm 或水苔 + 中細蛇木屑 (sphagnum moss + tree fern) 等 3 種介質，水苔須先浸水反覆瀝乾 3 次，而中細蛇木屑亦先浸泡水後，水苔 + 中細蛇木屑 = 1：1 混合，再將植株的根部用栽培介質包住，種植於直徑 (6 cm) × 高度 (5.5 cm) 共 20 孔的穴盤中，移植初期每星期澆水 2 次，約 1 個月後，每星期澆水 1 次，每次澆水量使栽培介質充分吸水至流出穴盤外，置於溫室 20 週後調查植株成活率，此期間無肥料及農藥的管理。

將銅皮及黃花石斛的植株，培養於全量的 MS 培養基，添加 1.5%蔗糖，8%香蕉泥 + 8%馬鈴薯汁液 + 8%椰子汁液的組培苗，培養 20 週後將根部的洋菜洗淨，經稀釋 1000 倍之億力浸泡 20–30 分鐘後，再移植到水苔或水苔 + 中細蛇木屑等栽培介質，管理程序如前所述，置於溫室 24 週後調查植株成活率。植株移植到溫室 1 年後調查植株的鮮重 (g)、株高 (cm)、莖厚 (mm)、展開葉片數、株數、根數及根長 (cm) 等性狀。

二種石斛礦物元素的含量分析

將銅皮及黃花石斛的試管苗，即培養於 MS 全量培養基，添加 1.5%蔗糖，8%香蕉泥 + 8%馬鈴薯汁液 + 8%椰子汁液的組培苗培養 20 週，另外取組培苗移植 1 年植株及野生植株等 3 種不同來源的材料，經 65–70℃的烘箱烘乾後分別磨成粉，依照分析部位各取 2 g，3 重複，於烘箱中以 70℃烘乾 12 小時。坩堝秤重至小數點第 4 位 (W_0)；於坩堝內添加粉狀樣品 2 g，再精秤總重 (W_1)。樣本重 $= W_1 - W_0$，內含樣品之坩堝放入灰化爐中，以 550℃燒白 6 小時，進行礦物元素的分析，其步驟為坩堝內灰分樣品加入 5 mL 3 N HCl，坩堝加蓋，且置於沸騰水浴器煮沸 10 分鐘 (在抽氣櫥中進行)，以溶出礦物元素。先用 42 號 Whatman 濾紙 (直徑 9 cm) 過濾，再加 0.2 N HCl，且定量至 50 mL，放入 100 mL 塑膠瓶中備用。利用感應耦合電漿-原子發射光譜分析儀 (ICP-AES,

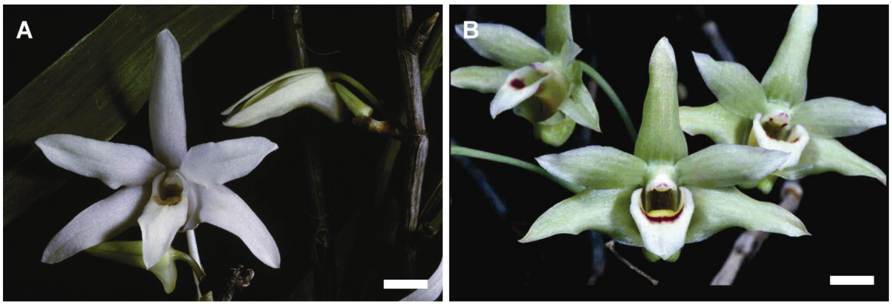

圖 1. 台灣產石斛。(A) 銅皮石斛：花瓣白色，唇瓣有一帶狀棕色；(B) 黃花石斛：花瓣淡綠色，唇瓣具紅色粗斑塊。

Fig 1. Two native *Dendrobium* species in Taiwan used in this study. (A) A flower of *D. moniliforme* showing white petals and a white lip petal with a brown colored band; (B) Flowers of *D. tosaense* showing yellowish green petals, a white lip petal with brown colored band and a pollen cap holding the pollinarium. (bar = 1.0 cm)

Inductively Coupled Plasma-Atom Emission Spectrophotometer, Jobin-Yvon JY 38 type III) 分析，分析項目分別為 P、K、Ca、Mg、Fe、Mn、Cu、Zn、B、Na 等共 10 種礦物元素。秤 0.2 g 樣品加入 3 mL 濃硫酸，加熱分解 4 小時，分別為 100℃處理 1 小時，320℃處理 3 小時，分解爐降至 280℃再加入過氧化氫 3–5 mL，再定溫加熱 40 分鐘達澄清狀態，最後加入蒸餾水稀釋至 75 mL，震盪混合均勻後，以自動分析光電比色儀分析 N 含量。

資料統計與分析

比較不同栽培介質對於二種石斛之植株成活率的影響，以及移植 1 年後對於植株生長的影響皆以 t-test 分析其差異性。二種石斛礦物元素的含量分析，採完全逢機設計 (complete randomized design, CRD)，處理為 3 種不同材料來源，各 3 重複，所得資料經變方分析 (analysis of variance, ANOVA) 後，利用最小顯著性差異 (least signification difference test, LSD) 比較各處理平均值間之差異。

結　果

不同栽培介質對石斛植株生長之影響

將培養於含有 1.5%蔗糖之全量 MS 培養基，外加 8%香蕉泥、馬鈴薯汁液或椰子汁等不同成分之培養基的黃花石斛植株，移植到水苔、中細蛇木屑或水苔 + 中細蛇木屑等 3 種栽培介質，調查植株成活率的結果，顯示以水苔或水苔 + 中細蛇木屑為栽培介質，植株成活率最高達 93–100%；而以中細蛇木屑為栽培介質的成活率最低，植株成活率為 40–67% (表 1、圖 2A)；顯示組培苗移植的初期以保水性較佳的水苔或水苔 + 中細蛇木屑為栽培介質，較有利於移植株的成活，而僅以中細蛇木屑為栽培介質，因為水分易流失導致移植成活率降低。黃花石斛組培苗移植到以水苔 + 中細蛇木屑為栽培介質，經 18 個月後，植株即可開花 (圖 2B)。

因中細蛇木屑對於組培苗的移植成活率效果不佳，故將銅皮及黃花石斛培養於添加 1.5% 蔗糖，8%香蕉泥 + 8%馬鈴薯汁液 + 8%椰子汁液之 MS 培養基 20 週的組培苗，移植到水苔或水苔 + 中細蛇木屑等兩種栽培介質，結果以水苔為栽培介質對於二種石斛植株成活率達 94.8–98.7%，然而以水苔 + 中細蛇木屑為栽培介質，則銅皮石斛的植株成活率高達 100%，而黃花石斛的植株成活率亦可達 92.7%，但再進一步分析兩個栽培介質對於植株成活率並無顯著性差異 (表 2)。繼續調查銅皮石斛及黃花石斛成活的植株移植到水苔或水苔 + 中細蛇

表 **1.** 黃花石斛培養於不同添加物的幼苗移植到不同栽培介質的成活率

Table 1. Effect of composition of *in vitro* culture media on survival of seedlings of *D. tosaense* transplanted into different growth media [z]

Organic extracts in medium	Survival rate (%)		
	Sphagnum moss	Sphagnum moss + tree fern	Tree fern
None [y]	100	100	67
8% Banana homogenate	100	93	50
8% Potato juice	93	93	67
8% Coconut water	100	100	40

[z] Plantlets from *in vitro* cultures were transferred into sphagnum moss, sphagnum moss + tree fern or tree fern and grown in the greenhouse for 20 weeks.

[y] Culture medium: Full strength MS basal medium with 1.5% sucrose and 0.9% Difco agar, pH 5.7.

表 **2.** 二種藥用石斛之幼苗移植到不同栽培介質的成活率

Table 2. Effect of different growth substrates on survival of *in vitro* plantlets of two medicinal *Dendrobium* species [z]

Dendrobium species	Growth substrate	Survival rate (%)
D. moniliforme	Sphagnum moss	98.7 ± 2.5 a [y]
	Sphagnum moss + tree fern	100 a
D. tosaense	Sphagnum moss	94.8 ± 7.1 a
	Sphagnum moss + tree fern	92.7 ± 9.2 a

[z] Medium for *in vitro* culture: Full strength MS basal medium containing 8% banana homogenate + 8% potato juice + 8% coconut water, 1.5% sucrose and 0.9% Difco agar, pH 5.7. Data were collected after tansplanting of plantlets into sphagnum moss or sphagnum moss + tree fern for 24 weeks in the greenhouse.

[y] Values are mean ± SE. Means in a column with different letters are significantly different ($P < 0.05$) by t-test.

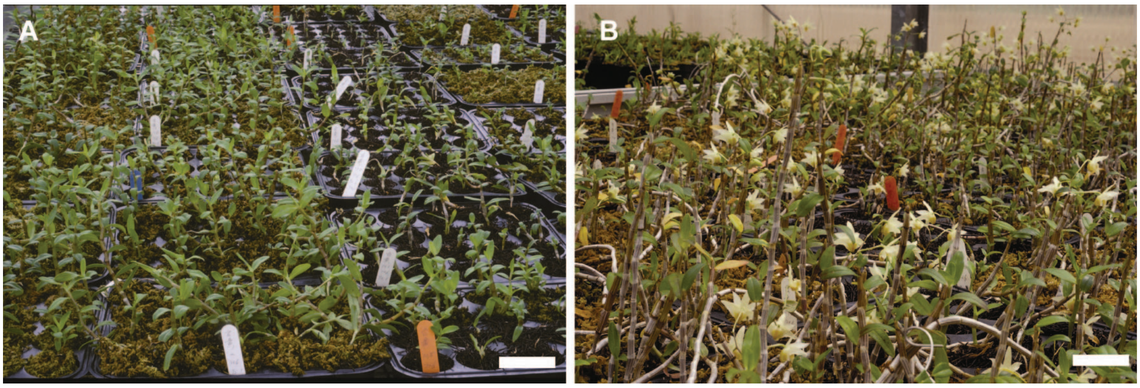

圖 **2**. 黃花石斛移植到不同栽培介質之生長情形。(A) 黃花石斛移植到水苔 (圖左)、水苔 + 中細蛇木屑 (圖中) 或中細蛇木屑 (圖右) 等 3 種栽培介質，移植 20 週後調查植株成活率；(B) 黃花石斛組培苗移植到水苔 + 中細蛇木屑 18 個月後開花的情形。

Fig. 2. Effect of composition of different media on seedling growth of *D. tosaense*. (A) Survival of *in vitro* plantlets after transfering into sphagnum moss (left), sphagnum moss + tree fern (middle) or tree fern (right) for 20 weeks in the greenhouse; (B) Blooming of *in vitro* plantlets of *D. tosaense* transferred into sphagnum moss + tree fern medium for 18 months in the greenhouse. (bar = 1.0 cm)

木屑等栽培介質 1 年後，對於植株生長的影響，結果顯示銅皮及黃花石斛的植株鮮重、株高及根數等性狀方面，以水苔 + 中細蛇木屑為栽培介質較水苔達顯著性的效果；就銅皮石斛而言以水苔 + 中細蛇木屑為栽培介質對於莖厚、葉片及株數有顯著的效果，但黃花石斛則無顯著差異 (表 3)。

二種石斛礦物元素的含量分析

將銅皮及黃花石斛的組培苗、組培苗移植溫室 1 年後的植株及野生植株等，3 種不同處理的植株進行礦物含量的分析，結果顯示銅皮及黃花石斛的組培苗所含的 N、P、K 含量皆高於組培苗移植 1 年的植株及野生植株，而組培苗移植 1 年的植株，其 N、P、K 的含量與野生植株所含的量相近，但黃花石斛組培苗移植 1 年的植株，其 K 的含量為 1.49%，較野生植株所含的量 0.3%高約 5 倍。Ca 及 Mg 的含量以組培苗移植 1 年的植株最高，分別為 1.07–1.12%及 0.34–0.41%，而組培苗的含量最低分別為 0.32–0.37%及 0.19–0.20% (表 4)。

表 3. 二種藥用石斛移植到不同栽培介質 1 年後植株生長情形

Table 3. Growth and development of *in vitro* plantlets of two medicinal *Dendrobium* species after transfering into different substrates for one year in the greenhouse[z]

	D. moniliforme			*D. tosaense*		
	Sphagnum moss	Sphagnum moss + tree fern	*P*-value	Sphagnum moss	Sphagnum moss + tree fern	*P*-value
Fresh wt. (g)	1.82	3.40	0.0004*[y]	2.64	4.08	0.0050*
Plant height (cm)	12.07	16.31	0.0018*	9.74	13.26	0.0282*
Stem diameter (mm)	2.31	2.96	0.0004*	3.11	2.76	0.1552
No. of expanded leaves	5.31	11.50	0.0000*	6.47	9.00	0.1350
No. of. shoots	2.93	3.70	1.0142*	3.55	3.73	0.4174
No. of roots	4.93	8.02	0.0001*	7.62	11.06	0.0388*
Root length (cm)	12.72	14.69	0.0817	14.49	19.82	0.0191*

[z] The growth substrates were sphagnum moss and sphagnum moss + tree fern.
[y] Data for the treatments with an asteriate (*) are significantly different at 5% level according to t-test.

表 4. 二種藥用石斛之試管苗、移植苗及野生植株大量礦物元素含量之比較

Table 4. Comparison of mineral elements in whole plant of *in vitro* plantlets, greenhouse-grown plants and field-grown plants of *Dendrobium moniliforme* and *D. tosaense*

Species	Treatment[z]	N	P	K	Ca	Mg
				%		
Dendrobium moniliforme	*In vitro* plantlets	4.78 a[y]	0.40 a	2.63 a	0.32 d	0.20 d
	Greenhouse-grown plants	1.01 c	0.06 c	0.75 c	1.12 a	0.41 a
	Field -grown plants	0.75 d	0.04 c	0.53 cd	0.81 c	0.20 d
D. tosaense	*In vitro* plantlets	4.52 b	0.31 b	2.67 a	0.37 d	0.19 d
	Greenhouse-grown plants	0.95 c	0.05 c	1.49 b	1.07 ab	0.34 b
	Field -grown plants	0.67 d	0.04 c	0.30 d	1.00 b	0.23 c

[z] *In vitro* plantlets are 20-week-old in full strength MS basal medium containing 8% banana homogenate + 8% potato juice + 8% coconut water, 1.5% sucrose, and 0.9% Difco agar; greenhouse-grown plants are *in vitro* plantlets transferred into sphagnum moss + tree fern medium and kept in the greenhouse for one year; and field-grown plants are years-old plants under natural field conditions.
[y] Means within each column followed by the same letter are not significantly different at 5% level according to LSD test.

微量元素以黃花石斛的組培苗所含 Fe 最高，達 160.7 mg/kg，其次為銅皮及黃花石斛的野生植株，為 120.7–124.3 mg/kg，而組培苗移植 1 年的植株含量最低為 87.5–90.0 mg/kg；Mn 的含量以組培苗含量最高，其中黃花石斛為 131.3 mg/kg，含量最低者為野生植株之 20.1–25.2 mg/kg；銅皮石斛移植 1 年的植株及黃花石斛組培苗之 Cu 含量較高，為 4.5–4.8 mg/kg，含量最低者為野生植株及黃花石斛移植 1 年的植株。Zn 的含量以銅皮石斛野生植株的含量及黃花石斛組培苗最高，達 99.9–104.4 mg/kg，其次為銅皮石斛組培苗及黃花石斛野生植株者；而銅皮及黃花石斛組培苗移植 1 年的含量最低，僅為 27–53 mg/kg 之間。B 的含量以組培苗最高，達 49.1–65.0 mg/kg，含量最低者為銅皮石斛野生植株及黃花石斛組培苗移植 1 年的植株。Na 的含量以銅皮石斛組培苗移植 1 年的植株含量最高，達 4860 mg/kg，其次為黃花石斛組培苗移植 1 年的植株及野生植株，而含量最低者為銅皮石斛組培苗及銅皮石斛野生植株 (表 5)。綜合上述的結果得知除 Na 以外，組培苗之 Fe、Mn、Cu、Zn、B 含量皆高於移植 1 年的植株及野生植株，並且黃花石斛含量均高於銅皮石斛，所以藥用石斛的組培苗不適於直接當藥材使用；Na 的含量以組培苗移植 1 年的植株最高，而組培苗的含量最低。

討　論

台灣產的櫻石斛 (*D. linawanum*) 為金釵石斛 (*Dendrobium nubile*) 藥材主要基原之一 (Cuei 1989)，因此，櫻石斛植株的外部形態與金釵石斛類似，假莖均為扁圓形，花形櫻石斛略小且唇瓣內紅斑較小；台灣與中國產的銅皮石斛植株型態類似；而黃花石斛的花色為黃綠色與鐵皮石斛相似，但唇瓣的構造略不同，黃花石斛的唇瓣白色中部具有紅色粗斑塊，鐵皮石斛的唇瓣白色而在上部具紫紅色斑塊，下部兩側是紫紅色條紋 (Bao *et al.* 2001)。因此，自外部形態可清楚地區分出櫻石斛、銅皮石斛及黃花石斛，與大陸產的金釵石斛及鐵皮石斛之不同 (圖 1)。

栽培介質的選擇，首先以能增進植株生育為原則，其次為管理省工、經濟方便、容易取得等因素。台灣栽培蘭花的介質，以前主要採用蛇木、或蛇木拌入碎石礫。小苗階段主要是用水苔與蛇木之混合介質，因蛇木採用者日多，價格上漲，又保水力太差，於 1980 年代

表 5. 二種藥用石斛之試管苗、移植苗及野生植株微量礦物元素含量之比較

Table 5. Comparison on micro elements in whole plant of *in vitro* plantlets, greenhouse-grown plants and field-grown plants of *Dendrobium moniliforme* and *D. tosaense*

Species	Treatment [z]	Fe	Mn	Cu	Zn	B	Na
		mg/kg					
Dendrobium moniliforme	*In vitro* plantlets	104.7 bc [y]	99.8 b	3.7 bc	83.7 b	49.1 b	2183 d
	Greenhouse-grown plants	90.0 c	56.4 c	4.5 ab	53.8 c	17.4 cd	4860 a
	Field-grown plants	120.7 b	25.2 d	3.3 c	99.9 a	14.6 e	2363 d
D. tosaense	*In vitro* plantlets	160.7 a	131.3 a	4.8 a	104.4 a	65.0 a	3291 c
	Greenhouse-grown plants	87.5 c	44.4 c	3.1 c	27.7 d	15.5 de	3814 b
	Field-grown plants	124.3 b	20.1 d	3.6b c	87.3 b	20.0 c	3696 b

[z] *In vitro* plantlets are 20-week-old in full strength MS basal medium containing 8% banana homogenate + 8% potato juice + 8% coconut water, 1.5% sucrose and 0.9% Difco agar; greenhouse-grown plants are *in vitro* plantlets transferred into sphagnum moss + tree fern medium and kept in the greenhouse for one year; and field-grown plants are years-old plants under natural field conditions.

[y] Means within each column followed by the same letter are not significantly different at 5% level according to LSD test.

改用保水性優於蛇木之椰子殼，或顆粒狀的人造纖維拌入保利龍碎片。日本養蘭則以水苔為主，水苔具保水性佳、換盆容易的優點，故台灣於 1980 年代後期的產業化過程中，改用水苔作為栽培介質 (Lee 2002)。Tsa (1999) 指出四季蘭以單一介質水苔種植者，假球莖數由原來的 2 個增加到 5.1 個，其物理性質中，充氣孔隙度和容器容水量皆以水苔最高，水苔約可吸附達本身重量 2 倍以上的水份，適合根系伸展和保存水分，目前已十分普遍地應用在蝴蝶蘭的栽培上，也是栽培國蘭的好材料，但其成本高，業者可自行調配通氣好、保水保肥力佳的混合介質降低生產成本。本試驗將黃花石斛的組培苗，移植到水苔、中細蛇木屑或水苔 + 中細蛇木屑等，結果顯示以水苔或水苔 + 中細蛇木屑為栽培介質，植株成活率最高，而單獨以中細蛇木屑為栽培介質的效果最低，因此，為了節省材料成本，可採用水苔 + 中細蛇木屑為栽培介質。在管理上或許有些麻煩，因水苔和中細蛇木屑腐爛的時間不一致，導致更換栽培介質的時間不同，但本試驗發現將銅皮石斛及黃花石斛自瓶內移出後，一直保持在水苔或水苔 + 中細蛇木屑的栽培介質，不曾更換栽培介質的環境下，經 18 個月後黃花石斛的植株即可開花 (表 1、圖 2)；因中細蛇木屑對於組培苗的移植成活率低，故本研究將銅皮石斛及黃花石斛的組培苗，分別移植到水苔或水苔 + 中細蛇木屑等兩種栽培介質，結果兩種不同栽培介質對於兩種石斛的植株成活率無顯著差異，顯示組培苗移植的初期以保水性較佳的水苔或水苔 + 中細蛇木屑為栽培介質，較有利於移植株的成活 (表 2)。 移植至溫室 1 年後調查兩種栽培介質對於兩種石斛植株生長的影響，結果顯示不論在銅皮石斛或黃花石斛，若以水苔 + 中細蛇木屑為栽培介質，對於植株的鮮重、株高及根數皆有顯著的效果，特別對於銅皮石斛的植株生長量效果是全面性的 (表 3)。顯示組培苗移植到水苔或水苔 + 中細蛇木屑兩種栽培介質，對於植株成活率無顯著性差異，但對於植株的生長量則有不同的效果，並且顯示水苔 + 中細蛇木屑較水苔對兩種石斛的植株生長有促進的作用。本結果與上述的學者所作的結論類似。上述學者亦認為，中細蛇木屑可供嘉德麗亞蘭、萬代蘭及石斛蘭等小苗栽培之用，其優點為能迅速排水、乾燥，通氣性高保水低，分解速率慢，栽植期可長達 5–7 年 (Sheehan 1980)；但缺點為養分不易附著，增加施肥的困難度，對於需水量低之氣生蘭非常適合，但單用粗蛇木屑不適於栽植小苗之用 (Dong 1975)。

Liu *et al*. (1987) 分析台灣金線連 (*Anoectochilus formodanus* Hayata) 與高雄金線連 (*A. koshunensis* Hayata) 組培苗，移植到海拔 1100 m 之霧社地區，當地溫、濕度適宜且通風良好，遮光 60–70%，適時適量施肥、除草及病蟲害防治等，比較移植 12 個月後根、莖及葉的礦物元素，結果台灣金線連之根在大多數礦物元素含量比其莖與葉之量高甚多，如 P、Mg、Fe、Mn、Cu、Zn 及 Na 等 7 種，僅 K 的含量較低。高雄金線連根之礦物質含量亦有相同之趨勢，但 Mg 及 Na 之含量則介於莖與葉之間。野生金線連在 P、K、Ca、Mg、Fe、Mn 及 Zn 之含量比兩種栽培種金線連高甚多，只在 Na 及 Cu 量上略低。有關蘭科組培苗與野生植株比較礦物元素的報告極少，本試驗發現銅皮及黃花石斛的組培苗移植 1 年的植株，所含 Ca、Mg 含量皆較高，P 含量較低；而組培苗的 N、P、K 含量均較高，此可能因培養基內無機鹽類累積的結果。當兩物種組培苗移植溫室 1 年後的植株 N、P、K 含量已漸降低，與野生植株含量較接近，但其中黃花石斛的 K 含量仍高於野生株，顯示組培苗經移植出瓶外，因採無肥料及無農藥的管理，使組培苗移植 1 年後植株的 N、P、K 含量降低。Ca 及 Mg 的含量以組培苗移植 1 年的植株最高，此可能為澆灌的自來水含有 Ca 及 Mg 的緣故 (表 4)，此與金線連的結果不一致，因野生金線連的重金屬含量較移植苗高。Wu *et al*. (1995) 同時指出，霍山、銅皮及鐵皮石斛等 3 種石斛，幾乎含所有的人體必需元

素，其中 Fe、Mn、Cu、Zn 及 Sr 含量較高，這與其藥物的功效有關。在這 3 種石斛的莖中，霍山石斛的 Fe、Cu、Zn、Ni 及 Cr 等元素比鐵皮及銅皮石斛高，此恰好與霍山石斛被稱為石斛之上品的說法一致。另外對於根、莖和葉 3 個部位而言，幾乎各種無機元素的含量在莖中都是最低的，P、Fe、Al、Cr、Zn 及 Ni 在根最高；K、B、Ca、Mg、Mn、Sr 及 Ba 在葉內最高；3 種石斛中霍山石斛的根與莖有相近的微量元素分佈，所以除莖外也可考慮霍山石斛根的藥用價值。

Chen *et al*. (2001) 分析細莖石斛 1 年的莖所含微量元素，結果顯示，不同部位以根部的 Ti、Cu 及 Fe 含量最高，K、Ca、Mg、Mn 元素的含量也較高；莖部的 Fe、Sr 含量為上部 > 中部 > 下部，Mg、Cu 的含量下部 > 中部 > 上部；其它元素以莖中部含量為高，與其它藥用植物比，細莖石斛含有較高的 Mn。這些微量元素參與人體多種代謝，與維持人體免疫及健康有關。前述的報告指出，大多數石斛的藥用時期及部位以 1 年的莖為主，本試驗亦認為組培苗因培養於含大量無機鹽類的培養基中，造成植株的礦物質含量高，不適宜直接利用，而組培苗移植 1 年後礦物質含量與野生株接近，因此可取組培苗移植 1 年後之植株利用之。與藥物的功效有關的 Fe、Mn、Cu 及 Zn 含量 (Wu *et al*. 1995)，本試驗亦發現黃花石斛組培苗含量高於銅皮石斛、兩物種的移植苗及兩物種的野生植株 (表 5)，此是否表示黃花石斛有特殊的藥效需進一步的探討。經由本試驗成功地利用組織培養的方式大量繁殖種苗，不受氣候、土壤、生物分佈的影響，並且比較野生植株及組培苗移植 1 年後的重金屬元素無大的差異，未來希望能應用於保健或藥用的用途上，可達到無農藥殘留及重金屬元素過量的問題。

引用文獻 (Literature cited)

Bao, X. S., Q. S. Shun, and L. Z. Chen. 2001. The Medicinal Plants of *Dendrobium* (Shihu) in China. Fudan Univ. Pub. Shan-Hai. 130 pp. (in Chinese)

Chen, C. C. 1995. Pharmacognostical Studies on Dendrobii Herba & Tissue Culture of *Derdrobium linawianum*. Doctoral Dissertation. Institute of Chinese Pharmaceutical Science, China Medical College. Taichung. 267 pp. (in Chinese with English abstract)

Chen, Y. L., M. Zhang., Y. F. Hua, and G. G. He. 2001. Studies on polysaccharide alkaloids and minerals from *Dendrobium moniliforme* (L.) Sw. China J. Chin. Mater. Med. 26:9–10.

Cuei, S. D. 1989. Complete Collection of Traditional Chinese Herbs. Heilongjiang Science and Technology Press. Heilongjiang. 1163 pp. (in Chinese)

Dong, X. T. 1975. The Phalaenopsis Album. Kuo-Tai Publishing Company. Taipei. 300 pp. (in Chinese)

Engl, M. 1976. Orchids and sphagnum. Am. Orch. Soc. Bull. 45:724–725.

Huang, M. Z. 1977. Orchid Culture and Art. Natural and Cultural Undertakings, Ltd. Taipei. 249 pp. (in Chinese)

Lee, N. 2002. The growth and flowering physiology of *Phalaenopsis* plants. p.143–160. *in*: *Phalaenopsis* Plants-Propagation, Growing Character, Yield Stage Regulation and Storage Quality. (Lee, N., ed.) Taiwan Floriculture Development Association. Taipei. (in Chinese)

Lin, G. M. 1983. Effect of Temperature, Inorganic Nutrients and Culture Medium on Growth and Flowering of *Phalaenopsis* White Hybrid. Master Thesis. Graduate Institute of Horticulture, National Taiwan Univ. Taipei. 118 pp. (in Chinese with English abstract)

Liu, S. Y., H. S. Tsay., H. C. Huang., M. F. Hu, and C. C. Yeh. 1987. Comparison on growth characteristics and nutrient composition between plants of *Anoectochilus* species from mass vegetative propagation by tissue culture techniques. J. Agric. Res. China 36:357–366. (in Chinese with English abstract)

Murashige, T. and F. Skoog. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. Physiol. Plant. 15:473–497.

Sheehan, T. J. 1980. Orchids. p.135-157. *in*: Introduction to Floriculture. (Roy, A. and I. Larson, eds.) Academic Press Inc. New York.

Tsai, C. Y. 1999. The influences of cultural medium and fertilizers on pseudobulbs multiplication of *Cymbidium ensifolium*. Bull. Hualien Dist. Agric. Impr. Sta. 17:65–72.

Wu Q. S., D. Q. Yang, Y. Xu, and L. W. Yu. 1995. Trace elements analysis in Chinese medicine Dendrobii and trace element pattern identification. Stud. Trace Elements Health 12:31–33. (in Chinese with English abstract)

Effect of Culture Media on Growth and Mineral Contents of Two Native Species of Medicinal *Dendrobium* in Taiwan[1]

Shu-Fang Lo[2], Chao-Lin Kuo[3], Dah-Jing Liao[2], Chung-Li Chen[4], and Hsin-Sheng Tsay[5,6]

Abstract

Lo, S. F., C. L. Kuo, D. J. Liao, C. L. Chen, and H. S. Tsay. 2011. Effect of culture media on growth and mineral contents of two native species of medicinal *Dendrobium* in Taiwan. J. Taiwan Agric. Res. 60:39–48.

Shi-hu (*Dendrobium* sp.) is one of the important plants for the traditional Chinese medicine. *Dendrobium tosaense* and *D. moniliforme* are the two important native species in Taiwan and they are used commercially as herbs. Seedlings from germinated seeds of *D. tosaense* transferred onto MS basic salt medium supplemented with 1.5% sucrose, 0.9% Difco agar and 8% banana homogenate or potato juice or coconut water developed into healthy plantlets after culturing for 20 weeks. The 20-week-old plantlets were further transplanted to different culture media (sphagnum moss or tree fern or a mixture of sphagnum moss and tree fern) for *ex vivo* acclimation. Results showed that 93–100% of the plantlets survived either in sphagnum moss alone or in a mixture of sphagnum moss and tree fern. Seedlings from germinated seeds of *D. moniliforme* cultured on MS medium supplemented with 1.5% sucrose, 0.9% Difco agar, 8% banana homogenate, 8% potato juice, and 8% coconut water developed into healthy plantlets after culturing for 20 weeks. Transfer of the 20-week-old plantlets into a mixture of sphagnum moss and tree fern for *ex vivo* acclimation also resulted in the production of 100% healthy plants. Therefore, the mixture of sphagnum moss and tree fern was the best medium for *ex vivo* acclimation of *D. moniliforme* and *D. tosaense* as it significantly increased fresh weight, plant height and number of roots of these plants grown in the greenhouse. Seedlings of *D. moniliforme* and *D. tosaense* from tissue culture for 20 weeks, 1 year old greenhouse-grown plants and field-grown plants were analyzed for mineral contents of N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn, B and Na. Results showed that concentrations of mineral elements (N, P, K, Fe, Mn, Cu, Zn and B) were high in 20-week-old seedlings from *in vitro* tissue culture, whereas concentrations of all mineral elements in whole plant of tissue culture plantlets

---

1. Contribution No. 2451 from Taiwan Agricultural Research Institute (TARI), Council of Agriculture. Accepted: March 7, 2011.
2. Assistant Researchers, Department of Agronomy, Chiayi Agricultural Experiment Branch, TARI, Chiayi, Taiwan, ROC.
3. Associate Professor and Chairman, School of Chinese Pharmaceutical Sciences and Chinese Medicine Resources, China Medical University, Taichung, Taiwan, ROC.
4. Professor, Department of Agronomy, National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan, ROC.
5. Professor and Director, Graduate Institute of Biotechnology, Chaoyang University of Technology, Taichung, Taiwan, ROC.
6. Corresponding author, e-mail: hstsay@cyut.edu.tw; Fax: (04)23742371 or (04)23304921.

transplanted in the mixture of sphagnum moss and tree fern in the greenhouse for one year decreased significantly ($P < 0.05$) except for the concentrations of Ca, Mg and Na which remained high. For the whole plant of field-grown plants, the concentrations of all mineral elements were significantly lower than the 20-week-old plantlets from tissue culture. Therefore, the seedlings of *D. moniliforme* and *D. tosaense* from *in vitro* culture are unsuitable for use as Chinese medicine due to high mineral contents; however, these plantlets can be used after an *ex vitro* acclimation in the mixture of sphagnum moss and tree fern under greenhouse conditions for one year.

Key words: *Dendrobium moniliforme*, *D. tosaense*, Culture media, Mineral contents.

台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 60(1):49–60 (2011)

南瓜粉製造與其加工之研究 [1]

羅淑卿[2,4] 王毓華[3]

摘 要

羅淑卿、王毓華。2010。南瓜粉之製造與其加工之研究。台灣農業研究 60:49–60。

市售南瓜及農試所育成之 6 種南瓜品系以熱風乾燥及低濕乾燥法進行南瓜粉之製作，以增加南瓜多元化利用性，並以色澤、粉體密度、水溶性及吸水性指標進行粉體物化性質分析，篩選最佳製粉品系及建立最適乾燥條件。結果顯示，在一般組成分分析，市售品種與 6 種農試所育成品系間還原糖含量差異相當大，熱風乾燥和低濕乾燥法製作南瓜粉之操作條件分別以 80℃、8 小時和 80℃、4 小時為佳；粉體色澤及理化性質因不同品系而異，不同乾燥方式並非其決定性因子，以 23 號品系所產製之南瓜粉色澤最為亮麗，所製成之南瓜土司，體積和高度隨南瓜取代麵粉量之增加而降低，整體感官品評以 15%取代量者最為消費者所接受。

關鍵詞：南瓜粉、熱風乾燥、低濕乾燥。

前 言

南瓜 (*Cucurbita* spp.) 屬葫蘆科作物，種類多，一般常見者包含中國南瓜、美國南瓜、印度南瓜、墨西哥南瓜及黑子南瓜。在傳統飲食文化中供食用及藥用，本草綱目上南瓜被記載為味甘性溫，主治補中益氣。由於南瓜果實富含胡蘿蔔素、果膠、礦物質、維生素 A、B1、C 及菸鹼酸等，為維生素 A 之優質來源 (Ptitchkina *et al*. 1998)，其營養價值高、熱量低。本身所含的豐富纖維素可促進腸胃蠕動，減少宿便毒素對人體之危害。南瓜子並有抗菌之作用 (Wang & Ng 2003)。在西方國家，南瓜為飲食上常見的食材。由於西風東漸及國人生活飲食水平提高，傳統食品已不能滿足國人的口腹之慾與健康訴求，加上周休二日，國內旅遊風氣盛行，庭園餐廳如雨後春筍般增加，南瓜製品如南瓜濃湯、南瓜火鍋、南瓜麵包、甜點等為時下熱門之餐點，因此南瓜在台灣年消費量有增加的趨勢。由於南瓜餐點之製作前處理手續煩雜，在現今忙碌社會中，若能開發出即溶速食粉，可簡化加工手續，不僅可增加餐廳業者使用之便利性，且可供應非產季時南瓜原料所需，進而提升其消費量，亦可增加業者、農民之收益及消費者選擇性。

材料與方法

供試南瓜

以農試所自行育成 6 種南瓜品系及市售南瓜果實等為試驗材料 (圖 1)，分別將各品系去

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2452 號。接受日期：100 年 3 月 9 日。
2. 本所農業化學組助理研究員。台灣 台中市。
3. 本所作物組助理研究員。台灣 台中市。
4. 通訊作者，電子郵件：shuchin@tari.gov.tw；傳真機：(04)23302805。

籽、切片 (0.2 cm) 後，進行以下操作。乾燥方式分熱風乾燥 (50℃、60℃、70℃及 80℃)、低濕乾燥 (60℃, RH = 2.9%；70℃, RH = 2.4%及 80℃, RH = 1.9%)，過程中於每 2 小時取出稱重，至含水量 10–12%，取出放冷，磨粉經 30 mesh 過篩後進行各項分析。

分析項目

一般組成分分析：南瓜粉之水分、粗蛋白、粗脂肪、灰分、與粗纖維依照 Hsu (2003) 之方法作測定。

還原醣：採用 Miller (1959) 之方法，事先配製 DNSA (3, 5-dinitrosalicyclic acid) 試劑，配製方法為 1 g DNSA，加 30 g 酒石酸鉀鈉，再加入 20 mL 2N NaOH，以去離子水定量至 100 mL。稱取 0.5 g 南瓜粉，加入 30 mL 之蒸餾水，於 100℃沸水浴中加熱 30 分鐘後過濾，取濾液 1 mL，加 1 mL 上述之 DNSA 試劑混勻，於 100℃沸水浴中加熱 10 分鐘，冷卻至室溫，加 3 mL 蒸餾水，測定 570 nm 之吸光值，結果以 mg/mL 之 glucose 表示之。

色澤：不同乾燥方法之南瓜粉，利用色差儀 (Gardner Inc., Co., Germany, BYK-Gardner GmbH Cat No.6800) 測定其 Hunter's L、a 和 b 值，其中 L 值代表亮度、+a 值代表紅色度、–a 值代表綠色度、+b 值代表黃色度，而–b 值代表藍色度。

粉體密度 (容積密度及真實密度)：採用 Samejima *et al.* (1982) 之方法，將量筒稱重 (W_1)，加入南瓜粉樣品後再稱重 (W_2)，並由量筒中讀出粉體之體積 (V_0)，加入一定體積 (V_1) 之分散溶液 (isobutyl alcohol:diethyl phthalate = 1 : 1)，再由量筒中讀出總體積 (V_2)。

$$\text{容積密度 (bulk density; BD)} = \frac{W_2 - W_1}{V_0}$$

$$\text{真實密度 (true density; TD)} = \frac{W_2 - W_1}{V_2 - V_1}$$

$$\text{孔隙度 (porosity)} = 1 - \frac{\text{容積密度}}{\text{真實密度}}$$

水溶性指標 (WSI) (%)：參考 Anderson *et al.* (1969) 之方法，取不同乾燥方法之南瓜粉樣品 0.5 g，放入 10 mL 之離心管中，加入 6 mL 之蒸餾水，劇烈振盪使其充分混合分散，置於 30℃水浴中振盪 30 分鐘，以 3000 rpm 離心 20 分鐘，將上清液倒入已稱重之燒杯中，於 105℃烘乾後稱重計算溶出物重。計算方法如下：

$$\text{WSI (\%)} = \frac{\text{可溶性固形物重 (g)}}{\text{樣品乾重 (g)}} \times 100\%$$

吸水性指標 (WAI)：由水溶性指標之方法，將除去上澄液之吸水後南瓜粉體稱重，即為吸水性指標。計算方法如下：

$$\text{WAI} = \frac{\text{吸水後之樣本重 (g)}}{\text{樣品乾重 (g)} - \text{水溶性固形物重 (g)}}$$

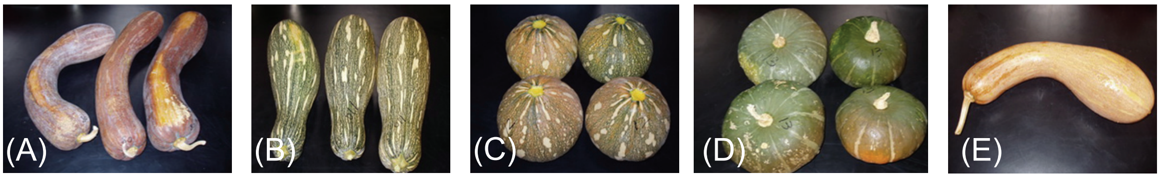

圖 1. 本研究使用南瓜品系之果實。

Fig. 1. Shape and color of fruits of the five pumpkin lines, line no. 8 (A), line no. 11 (B), line no. 12 (C), line no. 13 (D) and line no. 23 (E), used in this study.

南瓜土司之製作

南瓜土司是以白土司的配方製作，並將配方中之高筋麵粉部份用南瓜粉取代，以不同取代量 (0、2、5、10、15、20 與 25%) 作南瓜粉之添加，配方列於表 1，以全自動麵包製造機製作，機器之設定是「基本」模式，此模式之進行可為揉麵 (25 分鐘)、基本發酵 (65 分鐘)、中間發酵 (30 分鐘)、最後發酵 (50 分鐘) 與烘焙 (40 分鐘)，共計 3 小時 30 分鐘；製作流程是將表 1 中所述配方之所有材料放入機器中，以上述模式進行南瓜土司之製作。

南瓜土司之物性測定

南瓜土司烘焙完成後，於室溫冷卻，分別測定其體積與高度，體積以油菜種子取代法 (rapeseed replacement method)；高度以尺測量其高度；與作為控制組之白土司比較，計算各南瓜粉添加量造成吐司體積及高度減少之百分率。

官能品評

取不同添加量所製成之南瓜土司，去皮切片 (3 cm × 3 cm × 2 cm)，進行官能品評，品評員由 25 位農試所內員工作組成。評分方法 (scoring method)，採九分法，各品評分數所代表之意義分別為：9 分代表很喜歡、7 分代表喜歡、5 分代表普通、3 分代表不喜歡、1 分代表討厭，評分項目有色澤 (color)、組織 (texture) 及風味 (flavor)。

資料收集與統計分析

試驗採用完全逢機設計 (completely randomized design, CRD)，每處理 3 重複。所有資料利用 SAS 套裝統計分析軟體先進行變方分析 (analysis of variance, ANOVA)，若處理效應顯著 ($P < 0.05$)，則再利用最小顯著性差異 (least significant difference, LSD) 測驗，以比較各處理平均值間之差異性，其中，官能品評資料在進行 ANOVA 之前先予常態化轉換 (normalized transformation)，以符合 ANOVA 使用之統計前提。

結　　果

不同品種系南瓜粉之基本成分差異

市售及農試所育成之各南瓜品系進行一般組成分分析，結果顯示 (表 2) 含水率皆在 85–93%之間，和一般蔬果相當。水分含量以 23 號品系為最高，達 93.2%，14 號品系水分含量亦高 (91.1%) 且質地較細，便於切片操作。

表 1. 南瓜土司之配方

Table 1. Formulation of pumpkin bread

	Amount of pumpkin flour in bread [z]						
Ingredient	0%	2%	5%	10%	15%	20%	25%
Wheat flour	100	98	95	90	85	80	75
Pumpkin	0	2	5	10	15	20	25
Sugar	4	4	4	4	4	4	4
Salt	1	1	1	1	1	1	1
Improver (S-5000)	1	1	1	1	1	1	1
Yeast	1	1	1	1	1	1	1
Milk powder	4	4	4	4	4	4	4
Shortening	4	4	4	4	4	4	4
Ice water	56	56	56	56	58	58.6	65
Total	171	173	173	173	175	175.6	180

[z] Percentage of pumpkin flour to replace wheat flour in bread.

表 2. 不同品系南瓜之一般組成分 (%)

Table 2. Composition of different pumpkin lines/cultivar

Line/cultivar	Moisture (%)	Crude fat (%)	Crude fiber (%)	Ash (%)	Reducing sugar (mg/g)
Commercial cultivar	86.90 ± 0.07 b[z]	0.28 ± 0.03 b	0.61 ± 0.02 c	0.55 ± 0.04 c	64.8 ± 0.03 b
Line no. 8	88.50 ± 0.06 b	0.24 ± 0.04 c	0.64 ± 0.02 c	0.74 ± 0.01 a	14.5 ± 0.01 e
Line no. 11	85.30 ± 0.07 c	0.23 ± 0.01 c	0.62 ± 0.03 c	0.65 ± 0.02 b	49.4 ± 0.01 c
Line no. 12	85.90 ± 0.07 c	0.21 ± 0.03 c	0.50 ± 0.02 d	0.59 ± 0.04 c	39.9 ± 0.01 c
Line no. 13	85.80 ± 0.12 c	0.37 ± 0.04 a	0.86 ± 0.05 a	0.56 ± 0.01 c	121.0 ± 0.10 a
Line no. 14	91.10 ± 0.06 a	0.23 ± 0.02 c	0.75 ± 0.02 b	0.36 ± 0.03 d	108.3 ± 0.06 a
Line no. 23	93.21 ± 0.09 a	0.42 ± 0.01 a	0.52 ± 0.03 d	0.53 ± 0.04 c	30.1 ± 0.01 d

[z] Values are mean ± SE (n = 3). Means with different letter in the same column are significantly different ($P < 0.05$) by LSD test.

粗脂肪亦以 23 號含量為最高，約為 0.4%，而粗纖維以 13 及 14 號品系較高，達 0.8%以上，灰分以 8 號品系為最高，約為 0.7%，在還原醣方面，介於 14.5–121.0 mg/g 之間，各品系差異相當大，並有別於一般市售品種，品系 8 為最低，每克南瓜粉只有 14.5 mg，以 13 品系為最高，有 121.01 mg，相差 8 倍之多，顯示不同品系間基本成份組成之不同。

不同乾燥方法與條件對各品系南瓜製成粉之影響

為探討最適乾燥時間及溫度，將常見的市售品種以 50℃、60℃、70℃、80℃，時間 2、4、6、8、24 小時進行熱風乾燥，建立去濕曲線乾燥動力學，試驗結果顯示 (圖 2)，隨乾燥時間之增長，水分含量隨之降低，並隨熱風溫度之升高，水分含量減少速度增快，50℃、60℃、70℃在乾燥 8 小時內並無法將水分降至 10%以下，需延長乾燥時間至 14 小時以上，此時南瓜之平衡含水率分別為 11.2%、8.9%、8.3%及 6.5%。隨加熱溫度之提升，南瓜片外觀褐變愈嚴重，80℃以上已使南瓜切片呈現微焦化之現象，因此以 80℃為最高操作溫度，最先將水分含量降低至 12%以下者為 80℃、8 小時，此組已呈現酥脆好磨粉之南瓜片。

另以低濕乾燥機烘乾南瓜切片，視其去濕曲線乾燥動力學，試驗結果顯示，隨乾燥時間增長，水分含量隨之降低，並隨乾燥溫度之升高，水分含量減少速度增快，60℃、70℃、80℃在乾燥 8 小時內即可將水分降至 12%以下，此時南瓜之平衡含水率分別為 11.65%、11.26%、及 6.01%，平衡相對濕度為 12.5%、RH 9.8%、RH 7.1%，最先將水分含量降低至 12%以下者為 80℃、4 小時此組，南瓜切片已呈酥脆好磨粉。

以不同乾燥條件製成之南瓜粉色澤

將市售及農試所育成之各南瓜品系，經不同溫度 (50℃、60℃、70℃、80℃) 之熱風乾燥至水分含量 10–12%後，磨製成南瓜粉 (圖 3)，以色差儀測定其色澤之變化，結果顯示 (圖 4)，在亮度值方面，市售及各品系以 50℃此組有較高的亮度值，最高為 23 號品系，L 值為 48.27，隨著熱風溫度之增加，亮度值多會呈現降低之趨勢，隨處理溫度提高，色澤會漸呈褐色，各品系仍以 23 號之南瓜粉有較高之亮度值，L 值為 43.2。

在 a 值方面，市售品種有較低之 a 值，約 -0.92，外觀偏綠色，而隨著熱風溫度之增加，a 值有增加之趨勢，粉的色澤漸呈紅色，其它各品系 a 值變化不大，以 8 和 23 號品系有較高的 a 值，達 6.45 以上，外觀亦呈偏紅色。

在 b 值方面，隨乾燥溫度之提高，色澤影響並不大，23 號品系有較高的 b 值，80℃此組約為 42.44，外觀呈現偏紅褐色。

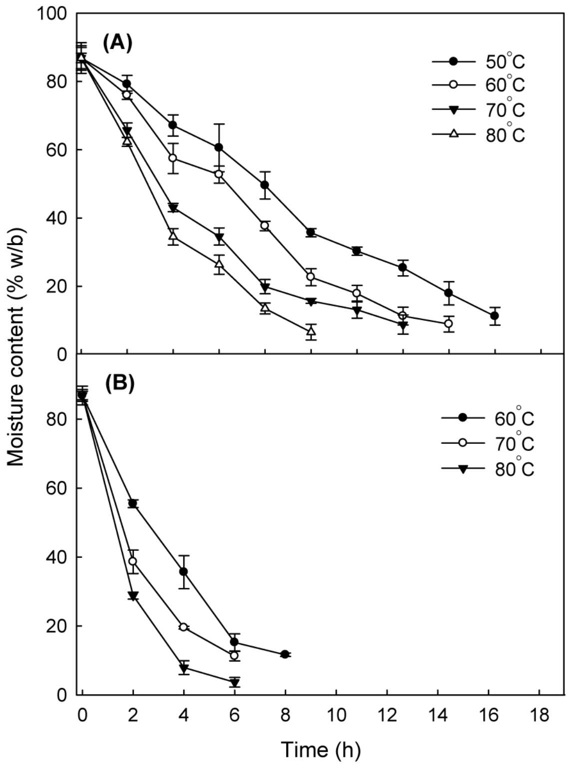

圖 2. 不同乾燥方法之南瓜粉含水率變化。(A) 熱風乾燥；(B) 低濕乾燥。

Fig. 2. Effect of hot air drying (A) and desiccant dehumidification drying (B) treatments at different tempratures on moisture contents of pumpkin flour. Pumpkin fruits are line no. 23.

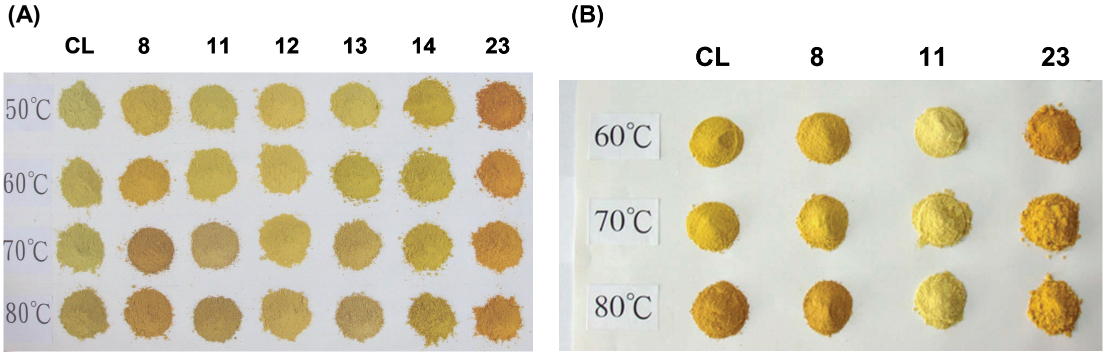

圖 3. 不同乾燥方式及溫度對不同品系南瓜粉色澤之影響。(A) 熱風乾燥；(B) 低濕乾燥。

Fig. 3. Effect of drying method and temperature on flour color of different pumpkin lines. (A) hot-air drying of pumpkin flours of commercial cultivar (CL) and lines 8, 11, 12, 13, 14 and 23 at 50℃, 60℃, 70℃ and 80℃; (B) desiccant dehumidification drying of pumpkin flours of commercial cultivar (CL) and lines 8, 11, and 23 at 60℃, 70℃ and 80℃.

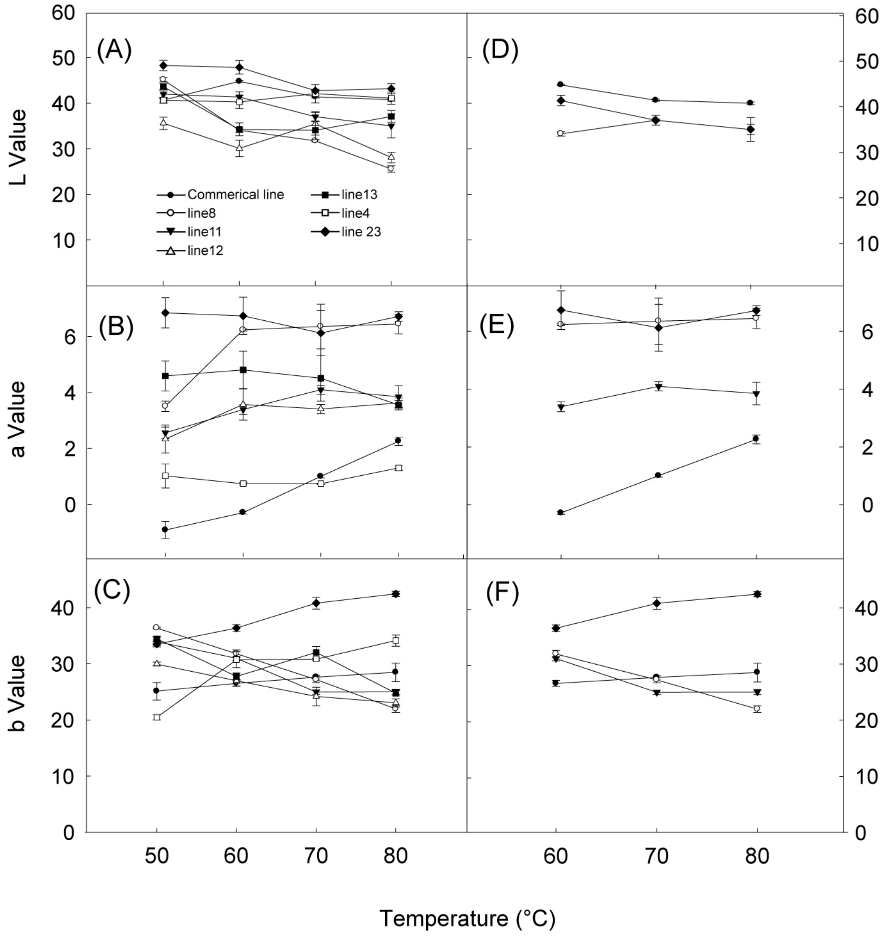

圖 4. 不同乾燥方法對不同品系南瓜粉色澤之影響。(A)–(C)熱風乾燥；(D)–(F) 低濕乾燥。

Fig. 4. Effect of hot-air drying (A–C) and desiccant dehumidification drying (D–F) treatments at 50℃, 60℃, 70℃ and 80℃ on color attributes (L Value, a Value and b Value) of pumpkin flour. Color attributes: L Value defines lightness, a denotes the red/green value and b the yellow/blue value.

以低濕乾燥方法烘乾各品系 (種) 南瓜，結果顯示低溫者 (60℃) 有較高之亮度值，4 品系 (種) 以 23 號之南瓜亮度值，最高達 48.8，但隨溫度升高，色澤變化不大，在 a 值方面，市售亦有最低之值，為-0.29，外觀微綠，隨溫度升高，a 值漸高，各處理中，8 及 23 號有較高之 a 值，達 6 以上，b 值仍以 23 號為最高，各處理皆達 36.7 以上，其中 8 及 11 號會隨溫度升高而降低，外觀漸偏黃。

不同乾燥條件製備南瓜粉之粉體密度、吸水性與水溶性指標

南瓜粉的理化性質分析可作為加工應用上之參考依據，因此探討各品系製成南瓜粉之粉體密度，以熱風乾燥方法製成南瓜粉 (圖 5)，可見各品系粉體之真實密度介於 1.0–1.8 g/cm^3，容積密度介於 0.6–0.96 g/cm^3，並不隨溫度之增加有規律性變化，孔隙度亦呈現相同結果。

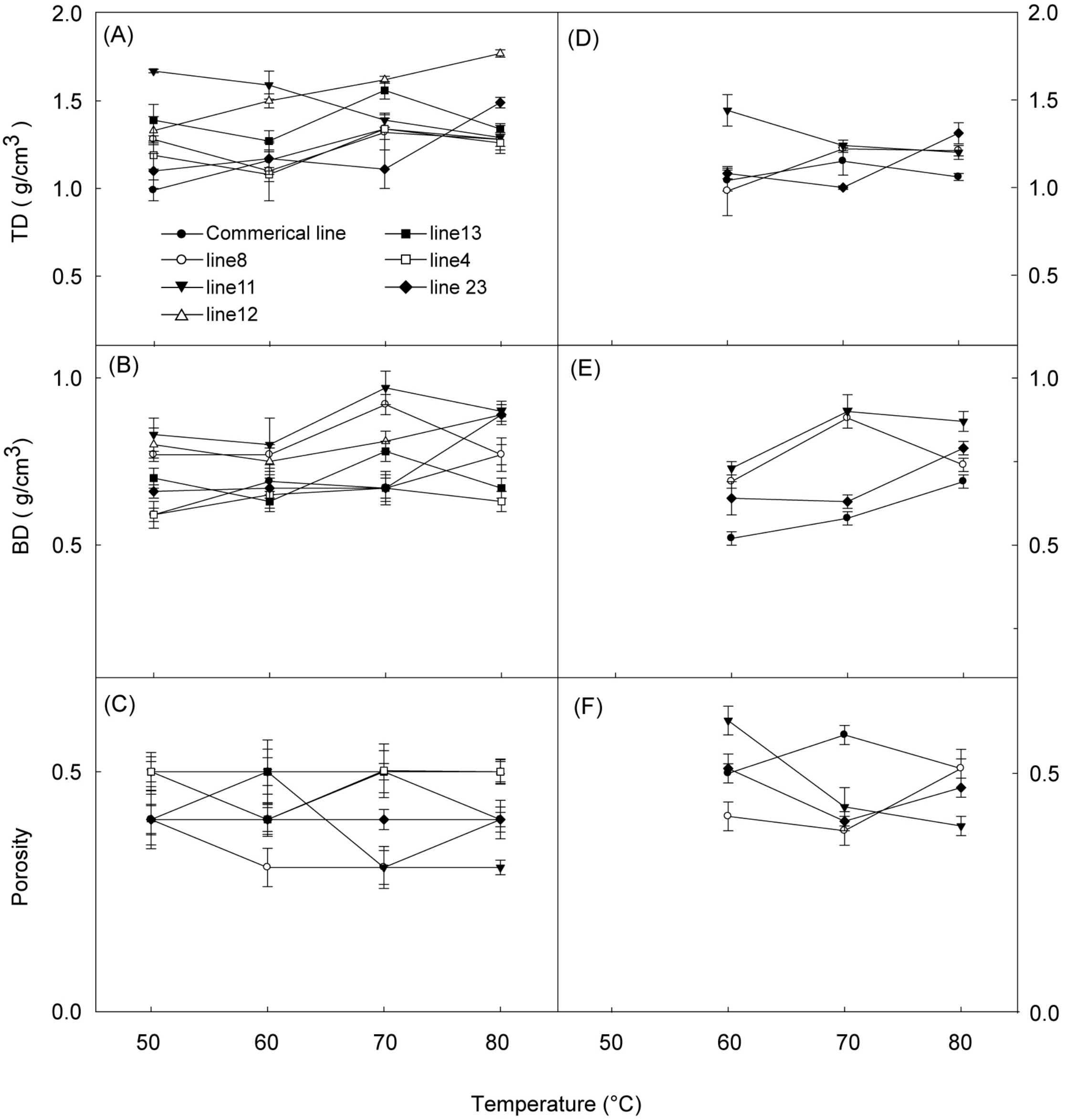

圖 5. 不同乾燥方法對不同品系南瓜粉粉體密度之影響。(A)–(C)熱風乾燥；(D)–(F) 低濕乾燥。

Fig. 5. Effect of hot-air drying (A–C) and desiccant dehumidification drying (D–F) treatments at 50℃, 60℃, 70℃ and 80℃ on true density (TD), bulk density (BD) and porosity of pumpkin flour. Pumpkin lines are 23.

在水溶性指標 (WSI) 與吸水性指標 (WAI) 部分，南瓜粉的水溶性指標及吸水性指標各品系介於 10–18%及 2.4–6.6%間 (圖 6)，含糖量較高之品系有較高之吸水性。

以低濕乾燥方法製成南瓜法，各品系真實密度介於 1.0–1.5 g/cm^3，容積密度介於 0.5–0.9 g/cm^3，在水溶性指標與吸水性指標各品系介於 10.2–17.2%及 3.5–5.9%間。

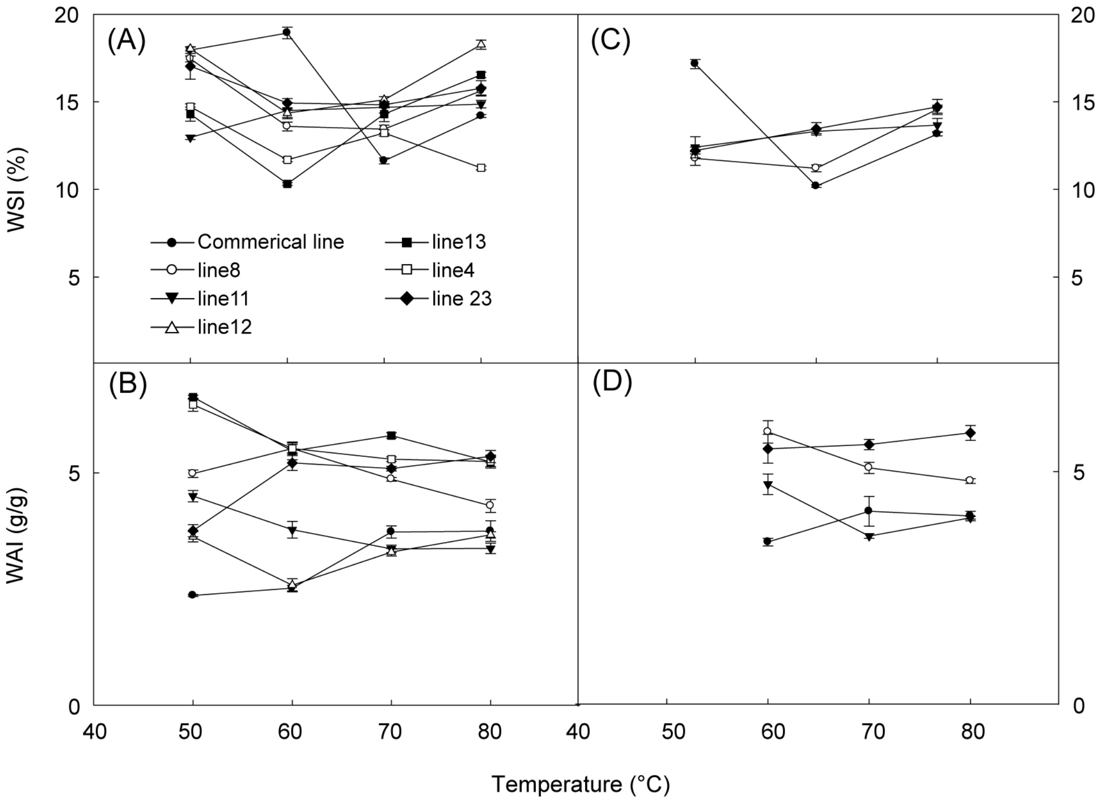

圖 6. 不同乾燥方法對不同品系南瓜粉水溶性指標及吸水性指標之影響。(A)–(B)熱風乾燥；(C)–(D) 低濕乾燥。

Fig. 6. Effect of hot-air drying (A–B) and desiccant dehumidification drying (C–D) treatments at different temperatures on water solubility index (WSI) and water adsorption index (WAI) of pumpkin flour. Pumpkin lines are 23.

南瓜粉取代部分麵粉對南瓜吐司製作之影響

23 號品系之新鮮南瓜，經 80℃、4 小時低濕乾燥製成之南瓜粉，以各種不同比例 (0、2、5、10、15、20、25%) 南瓜粉取代吐司所用之高筋麵粉，試製南瓜麵包，製成品外形測量結果顯示 (表 3 及圖 7)，土司之體積與高度隨著南瓜粉取代量之增加而降低；以完全不添加南瓜粉之白土司為對照組 100%，取代率增加到 10%時，南瓜吐司體積降低量為對照組之 17.4%，高度降低 19.1%，外觀已有明顯差異，再提高取代率至 20%時，體積只剩 41% (表 3)。

製成品供品評員進行感官評品，結果顯示 (表 4)，在色澤方面，由於 2–5%的添加量少，所以顯現不出南瓜之亮麗金黃色，但添加量 20%以上卻因添加量過多而使色澤略呈現暗沉。在組織方面，2–15%的添加量者，吐司維持良好的質地組織，超過 20%以上者卻會使組織變粗。在風味上，2–10%之添加量者，由於添加量少，無法呈現出南瓜特殊味道，添加量超過 15%以上者，則見有南瓜特殊風味，綜合

表 3. 南瓜粉取代量對南瓜土司體積與高度之影響

Table 3. Effect of pumpkin and wheat flour ratio on loaf volume and height of pumpkin bread

Rate of pumpkin flour in bread (%)	Loaf volume of pumpkin bread		Loaf height of pumpkin bread	
	Volume (cm^3)	Reduction (%)	Height (cm)	Reduction (%)
0	1861 ± 2.8 a [z]	0.00 ± 0.0 f	11.0 ± 0.3 a	0.0 ± 0.0 c
2	1855 ± 3.6 a	0.27 ± 0.2 f	10.7 ± 0.2 a	2.7 ± 2.8 c
5	1840 ± 2.9 b	1.08 ± 0.1 e	10.5 ± 0.2 a	4.5 ± 3.0 c
10	1537 ± 1.7 c	17.37 ± 0.1 d	8.9 ± 0.1 b	19.1 ± 2.7 c
15	1525 ± 3.2 d	18.01 ± 0.2 c	8.5 ± 0.1 b	22.7 ± 1.8 b
20	760 ± 2.6 e	59.14 ± 0.2 b	7.7 ± 0.5 c	30.0 ± 3.7 a
25	742 ± 1.7 f	60.11 ± 0.1 a	7.5 ± 0.1 c	31.8 ± 1.7 a

[z] Values are mean ± SE (n = 3). Means with different letter in the same column are significantly different ($P < 0.05$) by LSD test.

表 4. 南瓜粉取代量對南瓜土司官能品評之影響

Table 4. Effect of the substitution ratio on color, texture and flavor of pumpkin bread made from pumpkin flour and wheat flour

Rate of pumpkin flour in bread (%) [z]	Color	Texture	Flavor	Overall acceptability [y]
0	6.71 ± 0.3 c [x]	7.62 ± 0.3 a	6.91 ± 0.1 c	6.03 ± 0.1 cd
2	6.22 ± 0.2 c	7.26 ± 0.3 a	6.78 ± 0.3 c	6.10 ± 0.2 c
5	7.35 ± 0.2 bc	7.11 ± 0.2 a	7.02 ± 0.1 bc	6.60 ± 0.2 bcd
10	7.41 ± 0.3 ab	7.54 ± 0.3 a	7.12 ± 0.2 bc	6.82 ± 0.3 bc
15	7.70 ± 0.2 a	7.63 ± 0.2 a	7.34 ± 0.2 a	8.15 ± 0.3 a
20	7.23 ± 0.3 a	7.14 ± 0.2 a	7.18 ± 0.1 ab	7.24 ± 0.3 b
25	7.02 ± 0.3 ab	7.01 ± 0.2 a	7.34 ± 0.2 abc	6.55 ± 0.2 bcd

[z] Pumpkin line 23 was used in this study .

[y] Data on color, texture and flavor were collected from panel tests of consumer survey. A 9-point hedonic scale was used where 1 (dislike extremely) to 9 (like extremely).

[x] Values are mean ± SE (n = 25). Means with different letter(s) in the same column are significant different ($P < 0.05$) for normalized transformed data by LSD test.

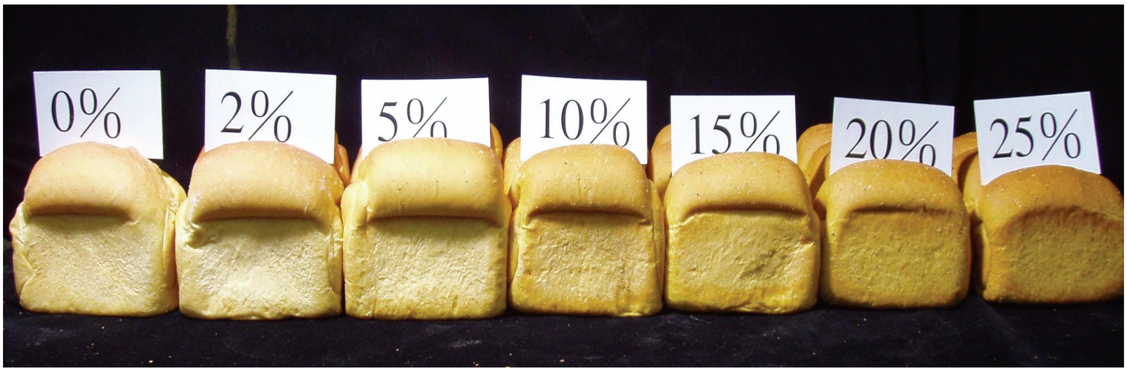

圖 7. 不同南瓜粉取代量對土司外觀之影響。

Fig. 7. Effect of pumpkin flour and wheat flour ratio on appearance of pumpkin bread. Percentage represents amount of pumpkin flour used to replace wheat flour in each loaf of bread.

評量色澤、組織口感與風味之結果以添加量15%者最為適中、最受品評員所喜愛。

討 論

南瓜為季節性之蔬果，其營養成分高又具生理活性，但水分多容易腐敗，為方便貯運及供消費者多元化之利用，開發南瓜粉為重要課題，一般蔬果切片乾燥至水分含量 10–12%時，已呈現酥脆好磨粉。因此本研究利用熱風及低濕乾燥二方法，探討將南瓜切片乾燥至水分含量 12%以下時，對南瓜製成粉之影響。經研究結果顯示各處理組未有嚴重焦化或褐變之情形，可見乾燥南瓜切片，50–80℃是可容許溫度範圍內。最先將水分含量降低至 12%以下者為 80℃、8 小時此組，為兼顧能源消耗、操作成本之問題，可視為一良好的熱風乾燥操作條件。

多數烘箱利用循環熱風將物品乾燥，並無法有效率的將蒸發出的水分排除烘箱外，即無法將烘箱內相對濕度迅速降低以提高乾燥速率。若使用低濕乾燥機，則可於乾燥過程中，同時將水分排除烘箱外，降低烘箱內相對濕度、進而加速物品之乾燥速度。因此除利用熱風乾燥外，另以低濕乾燥機烘乾南瓜切片，視其脫濕曲線乾燥動力學，結果顯示低濕乾燥較傳統熱風乾燥者，節省近一半時間和能源，80℃、4 小時可為一良好的低濕乾燥操作條件。

二者乾燥方式所得之南瓜粉，色澤變化趨勢差異不大，南瓜富含糖分，隨處理溫度提高，表皮有微焦糖化之情形發生，使亮度值隨溫度升高而降低。南瓜於製粉前並未去除外皮，所以部分帶有綠色外皮之南瓜品系者 (如市售者)，低溫乾燥後會保留綠色，所以有較低的 a 值；在 b 值方面，由於生鮮南瓜本身含有大量的類胡蘿蔔素，所以其外觀顏色較偏黃，製成粉各組 b 值亦高，可見在不造成嚴重褐變情形下，不同乾燥方式對南瓜粉的外觀色澤不會有決定性的影響。不同品系之新鮮南瓜在表皮及果肉組織間已有很大色澤差異，為決定南瓜粉色澤之主要因素。利用不同乾燥方式差別只在所需乾燥時間。

由於不同品系之生鮮南瓜本身質地沒有很大差異，在此加工溫度範圍內及相同的研磨機器下，不同品系之粉體密度無大差異，孔隙度亦呈現相同結果，並不隨溫度之增加有規律性變化。有學者指出，粉體水溶性指標與吸水性指標與澱粉之降解程度和糊化度有關，粉體水溶性指標即為膠體完全膨脹之體積，會影響多元化產品之操作及特性 (Kim *et al*. 1987; Govindasamy *et al*. 1996)。由結果可見含糖量較高之品系，如 13 號，有較高之水溶性數值，由於南瓜粉水溶性不佳，所以若製作液態食品，如羹湯，會有懸浮性不佳、易沉澱之情形，可加入適當油脂和食用膠改善之。一般麵粉之水溶性及吸水性指標為 5.73%及 2.13% (Hsu *et al*. 2003)，南瓜粉之水溶性及吸水性較麵粉為高，搶水能力強，若選用吸水性較高的品系，則應於加工操作時加入更多水分防止成品因水分不足而變硬。本研究所得南瓜粉理化性質之結果可提供作為日後南瓜多元化產品之開發依據。

加工食品重視色香味，因此成品外觀若呈現較亮麗的色澤，將會是較成功的產品。各品系中以 23 號南瓜品系所製成的南瓜粉具有較紅亮色澤，將會是較適合製作南瓜多元化產品之品系，所以本研究選擇此南瓜粉作進一步產品開發。

利用南瓜粉進行烘焙產品之開發，除提高南瓜之多元化利用外，還可提升食品之保健機能及增加消費者的選擇性。為了減低操作因素對南瓜吐司製作過程的干擾，採用全自動麵包機製作土司。由於南瓜粉本身無強烈之特殊香氣，2–5%的添加量者，顯現不出南瓜的味道，添加量再提高，南瓜粉體會干擾麵筋所形成之網狀結構，結構不完整則無法包覆麵體產生之 CO_2，整個麵糰持氣量不足而難以發酵漲大，

再加上南瓜粉含多量還原醣會搶水，更使得麵筋吸水量不足而難成形，造成烘焙成土司組織結構瓦解及外觀塌陷，而使麵糰之體積降低，因此於南瓜粉添加量 20%以上時，需較 0%配方多加水量。本研究只試製至 25%添加量，主要考量到添加量之增加已對土司組織造成口感溼黏，然而，亦可選擇配合市面上所使用的麵質改良劑再提高添加量或是改善產品品質，但於本研究中，只針對南瓜粉取代量之多寡對土司品質之影響，不考慮化學添加物的因素。

農試所育成之不同品系生鮮南瓜，不僅在外觀形狀及果肉色澤上具極大差異，也造就所製成之南瓜粉色澤與性狀極大不同，不論熱風乾燥或低濕乾燥，在此一定溫度及時間範圍內皆可製成品質良好的南瓜粉。

引用文獻 (Literature cited)

Anderson, R. A., H. F. Conway, V. F. Pfeifer, and E. L. Griffin. 1969. Gelatinization of corn grits by roll- and extrusion-cooking. Cereal Sci. Today 14:4–7.

Govindasamy, S. O., H. Campanella, and C. G. Oates. 1996. High moisture twin-screw extrusion of sago starch: 1. Influence on granule morphology and structure. Carbohydr. Polym. 30:275–286.

Hsu, C. L., S. L. Huang., W. Chen., Y. M. Weng, and C. Y. Tseng. 2003. Effect of the substitution ratio on the manufacture of yam bread made from yam flour and wheat flour. Taiwan J. Agric. Chemistry and Food Sci. 41:236–244.

Kim, C. H., J. A. Maga, and J. T. Martin. 1987. Properties of extrude blends of wheat dried distiller grain flour with other flours. J. Food Sci. Technol. 24:373–381.

Miller, C. L. 1959. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugars. Anal. Chem. 31:426–428.

Ptitchkina, N. M., L.V. Novokreschonova, G.V. Piskunova, and E.R. Morris. 1998. Large enhancements in loaf volume and organoleptic acceptability of wheat bread by small additions of pumpkin powder: possible role of acetylated pectin in stabilising gas-cell structure. Food Hydrocolloids. 12:333–337.

Samejima, M., G. H. Irate, and Y. L. Koida. 1982. Studies on microcapsuls. I. Role and effect of coactivation-inducing agent in the microcapsuls of ascorbic acid by a phase separation method. Chem. Pharm. Bull. 30:2894–2899.

Wang, H. X., Ng, T. B. 2003. Isolation of cucurmoschin, a novel antifungal peptide abundant in arginine, glutamate and glycine residues from black pumpkin seeds. Peptides. 24:969–972.

Effect of Pumpkin Lines and Fruit Processing Techniques on Quality of Pumpkin Flour[1]

Shu-Chin Lo[2,4] and Yu-Hua Wang[3]

Abstract

Lo, S. C. and Y. H. Wang. 2011. Effect of pumpkin lines and fruit processing techniques on quality of pumpkin flour. J. Taiwan Agric. Res. 60:49–60.

One commercial cultivar and six breeding lines of pumpkin (*Cucurbita* spp.) planted in Taiwan Agricultural Research Institute (TARI), Council of Agriculture were used to study effect of pumpkin lines and manufacturing process on quality of pumpkin flour. Pumpkin flours were prepared from fruits by the hot air-drying technique or the dehumidification drying technique. They were analyzed for flours chemical compositions and physical properties, including color, flour density, water solubility index, and water adsorption index. Results showed that content of reducing sugar was significantly ($P < 0.05$) different among the pumpkin lines/cultivar tested. Quality of pumpkin flour was the best by the hot air-drying treatment at 80℃ for 8 hours or the dehumidification drying treatment at 80℃ for 4 hours. Color and physical properties of pumpkin flour were affected by pumpkin lines/cultivar but were unaffected by was different drying methods of pumpkin flour. Among the seven pumpkin lines/cultivar tested, the flour quality was best for line no. 23, showing shinny flour color. When the pumpkin flour of line no. 23 was used to substitute wheat flour for making pumpkin bread, the loaf volume and loaf height of the pumpkin bread decreased as the substitution rate of pumpkin flour increased. The texture of bread was influenced by the substitution rate of pumpkin flour and, based on consumer panel sensory evaluations, the best substitution rate of pumpkin flour the was 15%.

Key words: Pumpkin, *Cucurbita* spp., Pumpkin flour, Hot air drying, Dehumidification drying.

---

1. Contribution No. 2452 from Taiwan Agricultural Research Institute (TARI), Council of Agriculture. Accepted: March 9, 2010.
2. Assistant Researcher, Agricultural Chemistry Division, TARI, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Assistant Researcher, Crop Division, TARI, Taichung, Taiwan, ROC.
4. Corresponding author, e-mail: shuchin@tari.gov.tw; Fax: (04)23302805.

台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 60(1):61–71 (2011)

正確使用統計圖表呈現處理間比較[1]

呂秀英[2,3]

摘　要

呂秀英。2011。正確使用統計圖表呈現處理間比較。台灣農業研究 60:61–71。

精確表達資訊是統計圖表製作的首要原則。農業試驗研究最常見的資料分析，為利用變方分析 (analysis of variance, ANOVA) 及多重比較 (multiple comparisons) 來探討多組處理間的差異性。多重比較包含很多種方法，其中 Fisher 的最小顯著差異性測驗 (Fisher's protected least significant difference test, LSD test) 是農業學術期刊中最普遍接受的多重比較方法，主要用來進行所有處理平均值間的兩兩比較是否存有差異。這些統計分析的結果，若沒有在圖或表中予以適當呈現，會令人不易閱讀甚至產生誤解，進而影響研究報告發表的品質。因此，本文以實例說明如何用適當的圖表來有效呈現出 ANOVA 及 LSD 之分析結果，並給予精確的文字解讀，期能有助於農業科技研究成果發表之參考。

關鍵詞：變方分析、多重比較、成對處理平均值間比較、最小顯著差異性測驗。

農業試驗研究之目的，通常是在探討不同處理 (treatments) 間是否存在差異。變方分析 (analysis of variance, ANOVA) 及多重比較 (multiple comparisons) 是用來探討多組處理平均值間差異性的最常見統計方法之一。事先經適當試驗設計所獲得的研究資料，欲比較各處理平均值間之差異時，首先必須進行 ANOVA，一旦 ANOVA 表中處理效應的 F 測驗值顯著，表示處理平均值間存在顯著差異，但此時仍無法得知何種處理平均值顯著較大或較小；因此，還必須再進行多重比較，以探討兩兩處理間的個別差異性。多重比較是一群統計方法且迄今已發展出至少 20 多種分析方法 (Hsu 1996)，其中以 Fisher 的最小顯著差異性測驗 (Fisher's protected least significant difference test, LSD test) 最廣受生物農醫學領域所使用 (Lu 1990; Chiang 2006)。在文獻中常發現研究人員選用了正確的統計方法進行資料分析後，卻未能將分析結果適當的予以表達，除報告品質大打折扣外，也會造成讀者混淆甚至產生誤解；尤其統計圖表除數字外，也常用到一些符號，例如代表顯著性的星號 (*、**) 或英文字母 (a、b、...) 等，這些符號在圖表中必須適當標示並以清楚的文字註解，才能有效呈現出數字的含義。由於絕大多數學術期刊 (如本期刊) 均要求統計圖表的標題和內容必須以英文方式表達，這對於國內很多不甚精通統計學的農業研究人員而言，更是無所適從，於是針對圖表內符號意義的英文語法，只好按自身的文學造詣各自發揮，因而影響研究報告的品質。因此本文針對

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2478 號。接受日期：100 年 3 月 23 日。
2. 本所研究員兼副所長。台灣 台中市。
3. 通訊作者，電子郵件：iying@tari.gov.tw；傳真機：(04)23302801。

農業試驗資料進行 ANOVA 及多重比較後，如何正確運用圖表來有效呈現分析結果，並據以精確的文字解讀，以實例說明提供科研人員參考。

以單因子 CRD 試驗為例說明變方分析 (ANOVA)

ANOVA 的結果，其最終是以一個表格來呈現。無論以任一種試驗設計，如完全逢機設計 (complete randomized design, CRD)、逢機完全區集設計 (randomized complete block design, RCBD)、裂區設計 (split plot design, SPD) 等之 ANOVA 表都擁有相同的欄位：變因 (source)、自由度 (degrees of freedom, DF)、平方和 (sum squares, SS)、均方 (mean square, MS)、F 測驗值以及 F 之機率值 (Pr > F)，只是不同試驗設計之 ANOVA 所含的變因不盡相同而已 (Steel *et al*. 1997)。以單因子試驗之 CRD 的分析結果為例說明，假設針對某性狀進行 ANOVA 後，應將統計軟體輸出結果整理如表 1，表中可直接呈現出 F 之機率值 (Pr > F)，從表中的 Pr > F 值小於 0.01，可知該範例的處理效應 (treatment) 極顯著存在，表示該性狀在不同處理間的平均值差異已達 1%顯著水準 (significance level)。此外，也可以將上述 ANOVA 表再行簡化，省略 Pr > F 欄位而直接在 F 值旁，以星號 (*或**) 來表達顯著性結果，如表 2 所示，但此務必在表下加註星號的意義。統計上習慣以*及**各代表 Pr > F 小於 5%及 1%顯著水準，且各以顯著及極顯著來作文字上的解讀。倘若 ANOVA 表中同時出現*及**結果，則表下之英文註解應寫成：*,**Significant at 5% and 1% levels, respecttively.

農業領域中的試驗往往會同時調查很多性狀，並就各性狀比較其在處理間之差異性。同一試驗多個性狀必須分別進行 ANOVA，因此統計軟體輸出結果就會產生多個 ANOVA 分析表，但在報告發表時為求簡潔並節省版面篇幅，不可能將每一個性狀皆以表 1 或表 2 逐一列出於報告中，而通常會將這些性狀的 ANOVA 分析結果整併成一個表格。因此，針對多種性狀之場合的 ANOVA 表，則可省略 SS 及和 F 值兩個欄位以及整行的總變因 (Total)，而只保留變因、DF 及 MS 欄，並將顯著性星號直接標示在 MS 值上，如以單因子試驗之 CRD 為例之表 3 所示。請注意，由於表中已略去 F 測驗值且直接將顯著星號標記於各 MS 值

表 1. 以 F 之機率值呈現顯著性程度的單因子試驗之 CRD 變方分析

Table 1. The ANOVA result in a single factor CRD experiment using probability of F value for the degree of significance

Source	DF	SS	MS	F	Pr > F
Treatment	3	11.7	3.90	9.75	0.00154
Error	12	4.8	0.40		
Total	15	16.5			

表 2. 以星號呈現顯著性結果的單因子試驗之 CRD 變方分析

Table 2. The ANOVA result in a single factor CRD experiment using asterisk(s) as level of significance

Source	DF	SS	MS	F
Treatment	3	11.7	3.90	9.75**
Error	12	4.8	0.40	
Total	15	16.5		

**Significant at 1% level.

表 3. 單因子試驗多種性狀之 CRD 變方分析

Table 3. The ANOVA results of different traits in a single factor CRD experiment

		Mean square			
Source	DF	Trait 1	Trait 2	……	Trait n
Treatment	3	3.90**	4.81*	……	300.2
Error	12	0.40	1.25	……	120.4

*,**Significant at 5% and 1% levels, respectively.

上，因此表下關於星號之意義的註解敘述中，宜特別強調顯著性的判斷是依據 F 值測驗。根據表 3 範例所呈現的結果可解讀為：Trait 1 在處理間呈極顯著差異、Trait 2 在處理間呈顯著差異、....、Trait n 在處理間之差異未達 5%顯著水準等。但從 ANOVA 表中並無法得知該等性狀到底是何種處理之平均值顯著較大或較小，必須再進行後續的多重比較方可獲悉。至於 ANOVA 表中各性狀的 MS 值應取至小數點後幾位數字，原則上以能充分顯現出處理項 (Treatment) 和機差項 (Error) 兩者之 MS 的差異性，但不得因四捨五入而改變兩者相除後所得 F 值之顯著性，且不得使機差項 MS 變為零。一般多將 MS 取至小數點後兩位數字，如表 3 範例中的 Trait 1 和 Trait 2 兩性狀之 MS；但當 MS 值很大時，為使表格版面看起來較簡潔，可在不違背上述原則下四捨五入再進位，如表 3 範例中的 Trait n 之 MS 取至小數點後一位數字，或甚至成為整數。ANOVA 表中若含有多種性狀，則不同性狀之 MS 值的呈現位數未必要一致，但同一性狀內各變因之 MS 值的位數務必相同。

在正式發表時為了節省期刊印刷篇幅，可省略單因子試驗之 ANOVA，直接以多重比較結果來呈現。但倘若是複因子試驗 (factorial experiment)，則絕對不可省略 ANOVA 結果！複因子試驗進行 ANOVA，最重要的是要從中先行判斷因子間交感效應 (interaction effect between the factors) 是否存在，因子之間交感效應存在與否，決定了後續的多重比較之分析方式也有所不同。例如 A、B 兩因子試驗，就 A 而言，B 為交感因子，反之就 B 而言，A 為交感因子，若交感效應不顯著，表示某因子對性狀的影響狀況不會隨著另一交感因子而異，故可就各因子分別執行多重比較；若交感效應顯著，表示某因子對性狀的影響狀況會隨著另一交感因子變級 (level) 的變化而有不同表現，因此可視情況選擇下列任一分析方式：(1) 將所有 A 因子與 B 因子組合之間互作多重比較，以從中篩選出最佳組合；(2) 固定某因子的變級，對另一因子進行多重比較，以釐清在固定某因子下另一因子變級間對性狀的影響差異，並藉此選出最佳組合；(3) 若兩因子皆為數量因子，可利用迴歸技術 (regression techniques) 尋找性狀觀測值對因子的關係式。一旦報告中沒有將複因子試驗之 ANOVA 列出來，就無法讓讀者了解交感效應是否存在，從而無法確認作者進行多重比較分析的適當性。

以 LSD 測驗為例說明多重比較

已知至少有 20 多種多重比較分析方法，分別適用於成對處理間比較 (pairwise comparisons of treatments)、非成對處理間比較 (unpairwise comparisons of treatments) 與控制組之比較 (comparisons with a control) 等 (Hsu 1996)。農業試驗研究上最常進行成對處理間比較，即所有處理平均值間的兩兩比較，而在多重比較法中最廣為所知的成對處理間比較法有 LSD 測驗、鄧肯氏新多重變域測驗 (Duncan's new multiple-range test, DMRT) 等，但由於 DMRT 現今已被公認並不適用，其原先認定的應用場合，建議最好改用無計畫設計比較的 LSD 測驗或有計畫設計之定量處理比較的迴歸技術 (Chew 1980; Carmer & Walker 1985; Lu 1990; Chiang 2006)；此相關議題，筆者率先在國內「科學農業」期刊探究此一問題 (Lu 1990a)，繼後國立中興大學蔣國司教授在「植物保護學會會刊」亦有詳細論述 (Chiang 2006)。因此強烈建議農業試驗在成對處理間比較之場合，使用 LSD 測驗是最安全的作法，此也是國際上很多 SCI 學術期刊所能接受的唯一方法。國內外許多學術期刊在其稿約中也已規範，不再接受多重比較法中之 DMRT 的使用。

研究人員如果認定過去類似試驗的成果報告都是採用 DMRT 進行處理間比較，所以仍沿襲同樣的方法，這是很不恰當的。

以多種性狀的 LSD 分析結果為例，整理成如表 4 所示，並掌握以下幾個重要原則：

(1) 各欄位的名稱字首要用大寫英文字母，例如 Treatment、Trait 1、Trait 2 等。

(2) 各性狀名稱旁應註明測量單位，例如 cm、%、g 等，但 number 除外。

(3) 除平均值（$\bar{x}$）外，宜同時列出分散度介量 SE 或 SD，如 $\bar{x}$ ± SE 或 $\bar{x}$ ± SD。SE 為平均值標準差 (standard error of mean)，SD 為標準差 (standard deviation)，兩者的公式和意義並不相同，一般在進行處理平均值比較時，多採用 SE (Streiner 1996; Lu *et al*. 2005)。

(4) 各性狀之平均值的有效位數必須配合分散度介量 (如 SE 或 SD) 的精準度並維持兩者一致，例如考慮 SE 或 SD 之精準度而將其有效位數取至小數點後一位數字時，則平均值的有效位數也要取至小數點後一位，因此寫成 12.1 ± 1.3 是適當的，切勿寫成 12.1 ± 1.32；若 SE 或 SD 的有效位數是取至小數點後兩位，則應寫成 12.10 ± 1.32 以顯示平均值與分散度介量之位數相同。而考量各性狀之測量單位及平均值數字大小的差異，不同性狀平均值間的有效位數未必要求一致，原則上以能充分顯現出 SE 或 SD 在處理之間的差異性即可，例如表 4 範例中的性狀 Trait n，將 SE 取至整數已能充分表達其在處理間之差異，故未必要取至小數點後一位；反之，若將 Trait 1 的 SE 取至整數，則可發現該性狀所有處理的 SE 值都因四捨五入進位而成為 1，此時便無法顯現出各處理 SE 的差異，必須至少取至小數點後一位才能突顯出處理間 SE 的差異，但若將其取至小數點後兩位，卻可能因為小數點後的數字太多，反而變得繁瑣讓整個表格變得不易閱讀且未必適當。換言之，統計表內數字位數之呈現，必須同時考量在闡明差異性需求與維持版面精簡可讀之間取得平衡。另外，表中同一欄內所有數字應一律以小數點對齊，這是一個好的統計表之基本要求。

(5) 成對處理間之差異顯著性，習慣上多以平均值最大者給予 a，依次給 b, c…等之小寫英文字母來區分。少數期刊並未對此有嚴格統一規定，故偶爾含有以平均值最小之處理給予 a 的報告，對此筆者強烈建議不要採納這種作法，以確保研究報告之品質。此外，顯著性字母與數字之間宜用一個空格區分開來，但無須將字母使用上標，以免因字體過小而導致閱讀不易。

(6) 表下應以文字加註 SE (或 SD)、重複次數 (n) 及顯著性字母的意義，並說明使用何種多重比較方法。圖表中有關顯著性字母的意義註解，可採用以下不同寫法：

> Means within each column followed by the different letter(s) are significantly different at $P < 0.05$ by Fisher's protected LSD test.
>
> Means within each column followed by the same letter(s) are not significantly different at $P < 0.05$ by Fisher's protected LSD test.
>
> Means within each column followed by the different letter(s) are significantly different at 5% level by Fisher's protected LSD test.
>
> Means within each column followed by the same letter(s) are not significantly different at 5% level by Fisher's protected LSD test.

應當注意若有多個性狀並列之場合，處理間是逐欄比較時，表下英文註解要寫清楚是 within each column，否則讀者會誤認是逐行比較；倘若處理間是逐行比較時，則英文註解要改寫成 within each row；但逐行比較時，由於各處理的

顯著性字母之間被平均值隔開，不易讓讀者馬上能看出各處理間的差異顯著性，因此通常以逐欄比較為常見表達方式，其同一性狀各處理的顯著性字母列在同一欄內，可有利於比較；但針對單一表格內同時有逐欄與逐行兩種不同比較方式的場合，為避免混淆不清，逐欄及逐行比較可分別採用小寫及大寫的英文字母來作為顯著性符號，如表 5 及表 6 範例所示，至於小寫、大寫字母何者在前，並沒有固定用法，只要讓表格內的顯著性結果可以一目了然即可。再者，圖表註解行內無論是強調相同字母或不同字母 (不顯著或顯著)，使用如表 4 及表 5 之 5% level (即 0.05 probability level) 或如表 6 之 $P < 0.05$ 的顯著性基準皆可，但切勿寫成 $P \leqq 0.05$ 或 $P > 0.05$。在有些報告中常見將 Fisher’s protected LSD test 簡單寫成 LSD test，這並不會構成太大的問題，不過一旦報告中省略未列 ANOVA 而只呈現 LSD 結果時，建議在名稱上最好還是維持有 protected 這個字。這是因為 Fisher 的早期作法，是可以未進行 ANOVA 之 F 測驗就利用 LSD 比較平均值，但此時設定相同顯著性水準下兩者統計上的犯錯率 (error rate) 會不一致，而有可能產生 F 與 LSD 測驗的結果會有差異，即出現 F 不顯著但 LSD 顯著的現象，因此在未先執行 ANOVA 就進行 LSD 測驗時必須修正顯著水準，此所謂 unprotected LSD；若在 F 檢定後再以 LSD 比較，兩者犯錯率接近，因此 protected LSD 表示是有先經過 ANOVA 的 F 測驗後再就其顯著與否，來決定多重比較是否值得進行 (Hsu 1996; Steel *et al.* 1997)。當 ANOVA 之 F 測驗不顯著時，表示所有處理間未達顯著差異，因此後續的 LSD 結果自然可省略不必執行，而直接在平均值比較表內將各處理平均值給予相同的字母 a 即可。

根據表 4 範例的結果可解讀為：經 LSD 測驗在 5%顯著水準下，性狀 Trait 1 以處理 T1 和 T2 之平均值皆顯著高於 T3 和 T4，T3 和 T4 間則差異未顯著；性狀 Trait 2 在四個處理間未有顯著差異；性狀 Trait n 以處理 T1 和 T2 之平均值皆顯著高於 T4，處理 T1 亦顯著高於 T3，但

表 4. 多種性狀在不同處理間之比較

Table 4. Comparisons among treatments for different traits

Treatment	Trait 1 (cm)	Trait 2 (%)	……	Trait n (g)
T1	12.1 ± 1.3 a [z]	5.0 ± 0.8 a	……	87 ± 5 a
T2	10.2 ± 1.1 a	4.9 ± 0.6 a	……	75 ± 3 ab
T3	3.9 ± 0.5 b	4.2 ± 0.5 a	……	67 ± 2 bc
T4	5.6 ± 1.0 b	10.9 ± 1.3 a	……	56 ± 3 c

[z] Mean ± standard error (n = 4). Means within each column followed by the same letter(s) are not significantly different at 5% level by Fisher’s protected LSD test.

表 5. 經不同處理後採收果實之產量比較

Table 5. Comparisons of fruit yield among treatments

Treatment	Total yield (t/A)	Percentage of total yield (%)		
		Marketable	Culls	Worm damaged
T1	17.0 ± 0.5 a [z]	85.3 ± 6.1 Aa	9.2 ± 0.6 Bc	5.5 ± 0.3 Cb
T2	16.1 ± 0.4 a	71.5 ± 4.3 Ab	23.2 ± 1.7 Ba	5.3 ± 0.5 Cb
T3	17.5 ± 0.7 a	70.7 ± 3.1 Ab	16.0 ± 2.1 Bb	13.3 ± 0.4 Ba
T4	17.1 ± 0.3 a	74.4 ± 5.8 Ab	12.5 ± 0.8 Bbc	13.1 ± 0.6 Ba

[z] Mean ± standard error (n = 4). Means within a column (in small letter) and within a row (in capital letter) followed by the same letter(s) are not significantly different at 5% level by Fisher’s protected LSD test. Percentage data were arcsine-square-root transformed prior to analysis.

表 6. 氮肥施用量對不同品種之產量影響

Table 6. Effect of nitrogen treatment (N)[z] on yield of different varieties

	Yield (kg/ha)	
Variety (V)	N0	N120
V1	95.0 ± 4.1 aA [y]	94.2 ± 3.6 aA
V2	90.7 ± 5.3 aA	91.3 ± 3.7 bA
V3	86.5 ± 4.7 aA	89.5 ± 4.1 bA
V4	79.4 ± 3.8 bB	89.9 ± 2.8 bA
Source	F-test [x]	$LSD_{0.05}$ [w]
N	ns	—
V	*	5.6
N × V	**	4.8

[z] N0, without N treatment; N120, applying 120 kg/ha of N at flowering.
[y] Mean ± standard error (n = 3). Means within a column (in small letter) and within a row (in capital letter) followed by the same letter(s) are not significantly different by Fisher's protected LSD test ($P < 0.05$).
[x] F-test of ANOVA. ns, non-significant; * and **, significant at 5% and 1% levels, respectively.
[w] $LSD_{0.05}$: values of least significant difference for mean comparisons at 5% level.

T2 和 T3 則差異未顯著。常見英文報告中以 *P* 值大小來闡釋顯著性結果，例如 It shows that the mean differences between T2 and T3 are not significant ($P < 0.05$)，根據英文文法結構，無論是不顯著或顯著，都應使用 $P < 0.05$ 而絕不可誤用 $P \leqq 0.05$ 或 $P > 0.05$；但在寫中文報告時，一般人會認為顯著或不顯著是以機率值大於 0.05 或小於 0.05 來判斷，從中文語法角度來看，若寫成：T2 和 T3 間差異未顯著 ($P < 0.05$)，似顯矛盾，於是直覺上就寫成：T2 和 T3 間差異未顯著 ($P > 0.05$)，但如此便造成同樣結論卻在中英文寫法上產生不一致的現象，而讓人混淆不清。因此，建議在撰寫中文報告時，最安全的作法是從顯著水準的角度來寫，例如不顯著之場合寫成：在 5%顯著水準下 T2 和 T3 間未達顯著差異，或 T2 和 T3 間差異未達 5%顯著水準；例如顯著之場合寫成：在 5%顯著水準下 T1 和 T2 之平均值皆顯著高於 T4，或 T1 和 T2 之平均值皆高於 T4 且其差異性達 5%顯著水準。

此外，由於執行 ANOVA 有其一定的統計前提，當不符合前提時，分析之前必須先行資料轉換 (data transformation) (Steel *et al*. 1997)。因此，若資料在分析前曾進行轉換，但統計表內所列數字是未經轉換的平均值時，務必在表下加註所採用的轉換方法，如表 5 所示，其中產量所佔比例之資料先經角度轉換後才進行 ANOVA 及 LSD 測驗，最後在表內以未經轉換之平均值來呈現。有關農學領域資料轉換的方法，可參閱 1990 年筆者翻譯 Finney (1989) 之論述報告而發表於國內「科學農業」期刊之文章 (Lu 1990b)。表 5 範例之分析結果可解讀為：經 LSD 測驗在 5%顯著水準下，四個處理對總產量並沒有顯著影響，但其中以 T1 處理能顯著提高可販售果實產量比例，剔出之次級品產量比例則以 T1 及 T4 處理最少而 T2 處理最多，T1 及 T2 兩處理能明顯降低蟲損產量比例，T3 及 T4 處理之次級品與蟲損產量比例間未有顯著差異等。

表 6 範例是將 ANOVA 及 LSD 測驗之分析結果同時呈現在同一表格內的常見用法之一，為求精簡，表中僅列出 ANOVA 之 F 測驗的顯著性，除顯著性符號仍使用星號*或**外，在此也將 F 測驗不顯著結果另以縮寫字母 ns 表示，以免留白時造成該處完全沒有任何數字或符號而讓人誤以為是漏字。從表 6 範例之分析結果，可知該兩因子試驗的氮肥及品種間交感作用 (N × V) 極顯著存在，表示氮肥對產量之影響會隨著不同品種而異，因此本例不能忽略氮肥效應而直接進行四個品種間之多重比較，或忽略品種效應而僅探討氮肥施用與否對所有品種產量之影響差異，而必須採取固定某因子變級對另一交感因子進行多重比較，即應分別就不施用及施用氮肥下各比較四個品種間之差異，反之也要就不同品種各自比較氮肥施用與

否間之差異，表 6 範例並將這兩種結果分別用逐欄及逐行比較呈現方式並列於表內。表 6 範例之分析結果可解讀為：從 ANOVA 之 F 測驗結果得知 N × V 交感作用極顯著存在，再經 LSD 測驗發現在 5%顯著水準下若不施氮肥，則 V1、V2 及 V3 三個品種之產量皆顯著高於 V4 品種，一旦施用每公頃 120 公斤氮肥，則 V1 品種之產量可顯著高於其他三個品種；有無施用氮肥對 V1、V2 及 V3 三品種之產量影響並不顯著，但施用氮肥可顯著提高 V4 品種之產量。

平均值比較表內也可增列 LSD 臨界值，如表 6 範例及表 7 實例 (Chan *et al.* 2008)，此時 LSD 的意義在表下仍應加註清楚；由於表 6 範例中的 N 效應不顯著，且 N × V 交感作用極顯著存在，直接比較 N 效應之差異性的意義不大，故其 LSD 臨界值可免列而以一個省略符號 (−) 來表示。表 7 實例是就各取樣時間下在不同處理內進行兩品種間之差異，故表下對於顯著性字母之意義的註解務必寫清楚，不能僅以上述 within each column 字眼即籠統帶過，否則會讓人誤以為是將欄內四個平均值一起進行比較。此處針對 mean ± standard error (n = 3) 的英文註解，也提供另一種寫法：Data indicate mean and its standard error of 3 replicates。

有時為了比較不同測量單位之各性狀間的變異程度，在處理平均值比較表內可列出變異係數 (coefficient of variation, CV) (Lu *et al.* 2005)，如表 8 所示，此時顯著性字母應該標於各平均值旁，而非 CV 值旁，這是因為無論何種性狀其 CV 的單位一律是%，與各性狀原測量單位並不相同 (而 SE 及 SD 與平均值具有相同的測量單位)，因此也不能用 ± 符號將平均值和 CV 值串在一起，即 CV 值必須單獨一欄。表下除顯著性字母及重複次數外，標題或表註也應清楚說明 CV 縮寫的定義。透過如表 8 範例之呈現方式，除了可知各性狀在四個處理間平均值及變異程度的差異外，亦可用來比較不同性狀間變異程度的差異，由表 8 顯示結果可解讀為：Trait n 的變異小於 Trait 1 和 Trait 2 兩性狀；因此各性狀 CV 值呈現的位數應一致，因而平均值位數在各性狀間亦維持一致，如表 8 範例所示，各性狀的平均值及 CV 值皆統一取至小數點後一位數字。有關 SE、SD 及 CV 的意義區分與使用場合，筆者曾於 2005 年

表 7. 有、無施行浸水處理下基因轉殖和非基因轉殖馬鈴薯收穫田區的殘留薯球數量比較 (摘自 Chan *et al.* 2008)

Table 7. Numbers of tubers of transgenic and non-transgenic plants of potatoes in harvested fields with or without flooding (cited from Chan *et al.* 2008)

		Number of tubers from 4 potato plants [z]				
Treatment	Cultivar [y]	7 [x]	17	28	51	70
Non- flooding	WT	14.3 ± 4.3 a	14.3 ± 2.1 a	14.3 ± 0.9 a	15.0 ± 1.5 a	14.7 ± 2.7 a
	2-1	10.3 ± 2.2 a	13.3 ± 1.2 a	8.7 ± 4.7 a	9.0 ± 3.2 a	5.7 ± 0.9 a
	LSD (0.05) [w]	14.9	12.5	16.9	15.1	12.4
Flooding	WT	6.0 ± 1.0 a	3.3 ± 2.8 a	0.0 ± 0.0 a	0.0 ± 0.0 a	0.0 ± 0.0 a
	2-1	6.0 ± 3.0 a	2.3 ± 1.2 a	0.0 ± 0.0 a	0.0 ± 0.0 a	0.0 ± 0.0 a
	LSD (0.05)	11.4	12.4	0.0	0.0	0.0

[z] Data indicate mean and its standard error of 3 replicates.
[y] WT: wild type (non-transgenic) potato (cv. Kennebec); 2-1: transgenic potato (strain 2-1).
[x] Sampling time: days of flooding treatment.
[w] LSD (0.05): values of least significant difference are for comparisons of cultivar means within treatments at 5% level. Within treatment for each sampling time, cultivar means followed by different letter are significantly different at 5% level by LSD test.

表 8. 多性狀在不同處理間平均值與變異係數之比較

Table 8. Comparison of mean and coefficient of variation (CV) among treatments for different traits

	Trait 1		Trait 2			Trait n	
Treatment	Mean (cm)	CV (%)	Mean (%)	CV (%)	……	Mean (g)	CV (%)
T1	12.1 a [z]	21.5	5.0 a	32.0	……	87.2 a	11.5
T2	10.2 a	21.6	4.9 a	24.5	……	75.0 ab	8.0
T3	3.9 b	25.6	4.2 a	23.8	……	67.1 bc	6.0
T4	5.6 b	35.7	10.9 a	23.9	……	55.8 c	10.7

[z] Data of each treatment are average of 4 replicates. Means within each column followed by the same letter(s) are not significantly different at 5% level by Fisher's protected LSD test.

在本所技術服務季刊有詳細說明 (Lu *et al.* 2005)。

多重比較的分析結果除了用表列方式外，也可改成使用圖示來表達，如長條圖 (如圖 1) 或折線圖 (如圖 2)，圖中可利用繪圖軟體或文書作業軟體內的插入文字功能，直接將經 LSD 測驗所得的顯著性字母標示其中，以同時呈現出處理間差異顯著性之結果。圖中的誤差線 (error bar)、重複次數及顯著性字母的意義也必須加註清楚，但須加註於圖標題內，而不像前述表格是加註於表下。由折線圖可同時看出性狀隨因子變化之趨勢，尤其適用於處理變級為數量值之場合，例如濃度變化。必須注意的是，由於 CV 的單位為%，異於各性狀原測量單位，因此圖中的誤差線，絕不可使用 CV 值，但可以 SE、SD 或平均值之信賴區間 (confidence interval, CI) 表示，端視結果解讀之目的來決定。長條圖的誤差線外觀可以同時標示上限、下限，如圖 1 所示，也可僅使用上限或下限，如圖 3 所示；但折線圖之誤差線通常同時標示上下限，如圖 2 所示。有關誤差線的選用原則及如何使用 Excel 製作，可參考筆者於 2009 年在本所技術服務季刊之發表報告 (Lu *et al.* 2009)。又，另以 LSD 測驗結果直接標示於統計圖中的其他範例，如圖 3 所示，由於圖 3 是用來解讀不同期作下三品系間之平均產量表現差異性，因此將 LSD 測驗所得之顯著性字母同時標於統計圖中，可清楚得知，經 LSD 測驗結果在 5%顯著水準下，春作以品系 L1 的平均產量顯著高於其他兩個品系，但在夏、秋兩作下三品系間的平均產量並未達顯著差異。

討　論

發表在學術期刊的研究報告，除研究成果之創新性及應用價值外，必須具備一定水準與品質，才有可能被接受刊登，如資料分析之正確性、圖表之品質以及結果解讀之精確度，皆是影響稿件是否能被接受的決定因素。表達資訊是統計圖表製作的首要原則，圖表的好與

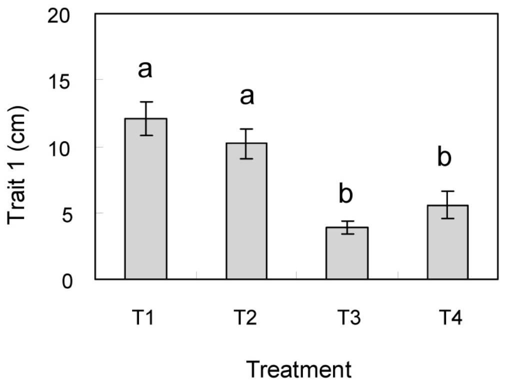

圖 1. 性狀 1 在處理間之比較。誤差線為平均值標準差 (n = 4)。各平均值上示以相同字母者為 5%水準下經 LSD 測驗未達顯著差異。(以長條圖為例)

Fig. 1. Comparison among treatments for Trait 1. Error bar is the standard error of mean (n = 4). Means with the same letter are not significantly different at 5% level by LSD test. (using a bar chart as an example)

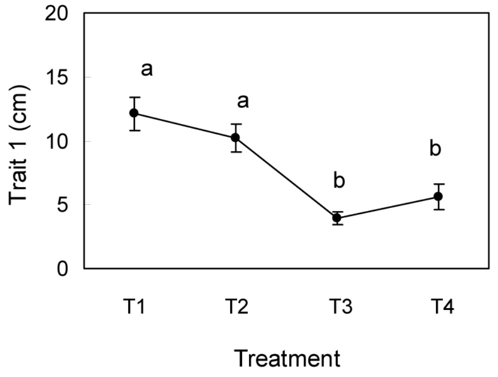

圖 2. 性狀 1 在處理間之比較。誤差線為平均值標準差 (n = 4)。各平均值上示以相同字母者為 5%水準下經 LSD 測驗未達顯著差異。(以折線圖為例)

Fig. 2. Comparison among treatments for Trait 1. Error bar is the standard error of mean (n = 4). Means with the same letter are not significantly different at 5% level by LSD test. (using a line graph as an example)

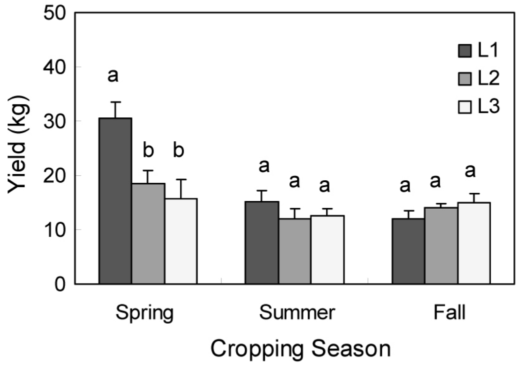

圖 3. 三個品系 (L1、L2 及 L3) 在不同期作下的產量比較。誤差線為平均值標準差 (n = 4)。各平均值上示以相同字母者為 5%水準下經 LSD 測驗未達顯著差異。

Fig. 3. Comparison among lines (L1, L2 and L3) for yields under different cropping seasons. Error bar is the standard error of mean (n = 4). Means with the same letter are not significantly different at 5% level by LSD test.

壞，足以左右作者對資料之判讀與讀者對報告品質之感觀。農業試驗資料最常見的統計分析為用以探明多組處理間差異的 ANOVA 及 LSD 測驗，ANOVA 是以一個表來呈現，而 LSD 可以用表或圖來表達。為了充分表達處理間比較之圖表所蘊含的意義，顯著性符號 (如 ANOVA 之星號及 LSD 之字母) 的正確使用及意義註解，甚為重要，此係研究人員在發表報告時最容易疏忽以致誤用之處。由於農業領域的試驗中往往會同時調查很多性狀，不同性狀就會有不同的 ANOVA 及 LSD 之結果呈現，如何在期刊有限篇幅內，將各性狀分析結果以更精簡有效的圖表來正確呈現並以精確文字來解讀，是每位研究人員應該具備的概念與基本能力。

引用文獻 (Literature cited)

Carmer, S. G. and W. M. Walker. 1985. Pairwise multiple comparisons of treatment means in agronomic research. J. Agron. Educ. 14:19–26.

Chan, L. F., M. T. Wu, and H. Y. Lu. 2008. Residue management at harvested fields of phytase containing transgenic potatoes: assessment of submerging treatment. J. Taiwan Agric. Res. 57: 95–102. (in Chinese with English abstract)

Chew, V. 1980. Testing differences among means: correct interpretation and some alternatives. HortScience 15:467–470.

Chiang, K. S. 2006. Analysis methods for multiple comparisons in plant protection research. Plant Prot. Bull. 48:259–268. (in Chinese with English abstract)

Finney, D. J. 1989. Was this in your statistics textbook? V. Transformation of data. Expl. Agric. 25:165–175.

Hsu, J. C. 1996. Multiple Comparisons. Chapman & Hall. New York. 277 pp.

Lu, H. Y. 1990a. Use and misuse of analysis methods for multiple comparisons. Sci. Agric. 38(7, 8):177–181. (in Chinese)

Lu, H. Y. 1990b. Was this in your statistics textbook? V. Transformation of data. Sci. Agric. 38 (7, 8): 182–187. (in Chinese)

Lu, H. Y., M. L. Wei, and C. T. Lu. 2005. Statistical analysis of agricultural research data using Excel. I. Descriptive statistics. Technol. Service of TARI 63:33–36. (in Chinese)

Lu, H. Y., M. L. Wei, and C. T. Lu. 2009. Statistical analysis of agricultural research data using Excel. VII. Error bar. Technol. Service of TARI 78:16–19. (in Chinese)

Steel, R. G. D., J. H. Torrie, and D. A. Dickey. 1997. Principles and Procedures of Statistics. 3rd ed. McGraw-Hill. New York, USA. 666 pp.

Streiner, D. L. 1996. Maintaining standards: differences between the standard deviation and standard error, and when to use each. Can. J. Psychiatry 41:498–502.

Correct Usage of Graph/Table for Treatment Comparisons[1]

Hsiu-Ying Lu[2,3]

Abstract

Lu, H. Y. 2011. Correct usage of graph/table for treatment comparisons. J. Taiwan Agric. Res. 60:61–71.

Conveying accurate information is key to the effective presentation of scientific graphs or tables. The analysis of variance (ANOVA) and multiple comparisons are the methods commonly used for comparison of several treatment means in data collection from agricultural research. There are many methods available for multiple comparisons of treatment means; among them, the Fisher's protected least significant difference (LSD) test is the favorable method for all pairwise comparisons of treatment means. A graph or table is of no scientific merit if the data are not analyzed statistically and presented accurately. The objective of this report is to describe proper procedure for preparation and presentation of statistically analyzed data in the form of scientific graphs or tables for improving quality of scientific publications.

Key words: Analysis of variance, Multiple comparisons, Pairwise comparisons of treatment means, Least significant difference test.

1. Contribution No. 2478 from Taiwan Agricultural Research Institute (TARI), Council of Agriculture. Accepted: March 23, 2011.
2. Researcher and Deputy Director General, TARI, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Corresponding author, e-mail: iying@tari.gov.tw; Fax: (04)23302801.

台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 60(1):72–76 (2011)

Preliminary Report on the Occurrence of Papaya Mealybug, *Paracoccus marginatus* Williams and Granara de Willink, in Taiwan [1]

Shu-Pei Chen[2], Jen-Yu Wong[2], and Wen-Jen Wu[3,4,5]

Abstract

Chen, S. P., J. Y. Wong, and W. J. Wu. 2011. Preliminary Report on the Occurrence of Papaya Mealybug, *Paracoccus marginatus* Williams and Granara de Willink, in Taiwan. J. Taiwan Agric. Res. 60:72–76.

The papaya mealybug, *Paracoccus marginatus* Williams and Granara de Willink, is a serious pest of many agricultural plants and ornamentals. It has spread throughout most countries of the Caribbean region, causing huge economic losses to papayas since 1994. This pest alert reports *P. marginatus* damaging papayas in Taiwan for the first time. Besides it also describes the fundamental biological data of *P. marginatus*, its existing host plants, and its distribution in Taiwan and around the world.

Key words: Papaya, Host plants, *Paracoccus marginatus*, New record.

Most of mealybugs (Hemiptera: Coccoidea: Pseudococcidae) are serious pests of agricultural plants and ornamentals. Papaya mealybug, *Paracoccus marginatus* Williams and Granara de Willink was recently found on papaya (*Carica papaya* L.) in Taiwan. The papaya mealybug, is a polyphagous species native to Mexico and other Central American countries and became a pest when it invaded the Caribbean region. Since 1994 it has been recorded (Tanwar *et al*. 2010), it subsequently spread from the Central America and the Caribbean and now distributes over a wide range, including: Antigua and Barbuda (Antigua), Belize, British Virgin Islands, Costa Rica, Cuba, Dominican Republic, India (Coimbatore, Tirupur, Erode, Salem, Namakkal and Karur districts of Tamil Nadu), Indonesia (Java), Mexico (Baja, California Norte, Colima, Guerrero, Jalisco, Michoacan, Tabasco, Veracruz), Palau, Puerto Rico & Vieques Island (Puerto Rico), Reunion, Saint Kitts and Nevis Islands (Saint Kitts), Saint Martin & St. Barthelemy (Saint Barthelemy, Saint Martin), and USA (Florida, Guam, Hawaii, U.S. Virgin Islands) (Muniappan *et al*. 2008; Tanwar *et al*. 2010; Williams & Granara de Willink 1992).

This phytophagous pest induces leaf yellowing, defoliation, reduced plant growth, and destroys fruits on agricultural crops. The recorded host plants 27 families include Acanthaceae: *Fistulosa* sp. (Miller & Miller 2002), *Pachystachys lutea* Nees (Matile-Ferrero & Étienne 1998); Aizoaceae: *Trianthema portulacastrum* L.; Amaranthaceae: *Achyranthus aspera* L. (Tanwar *et al*. 2010); Annonaceae: *Annona muricata* L., *Annona squamosa* L.; Apocynaceae: *Plumeria* spp., *Plumeria alba* L., *Plumeria rubra* L.; Arecaceae: *Roystonea regia* (Kunth)

---

1. Contribution No. 2481 from Taiwan Agricultural Research Institute (TARI), Council of Agriculture. Accepted: March 25, 2011.
2. Respectively, Assistant Entomologist and Technician, Applied Zoology Division, TARI, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Professor, Department of Entomology, National Taiwan University, Taipei, Taiwan, ROC.
4. Director, Research Center for Plant Medicine, National Taiwan University, Taipei, Taiwan, ROC.
5. Corresponding author, E-mail address: wuwj@ntu.edu.tw; Fax: (02)27354655.

(Martínez *et al*. 2005); Compositae: *Ambrosia cumanensis* Kunth, *Parthenium hysterophorus* L. (Ben-Dov 1994), *Tridax procumbens* L.; Capridaceae: *Cleome viscosa* L. (Tanwar *et al*. 2010); Caricaceae: *Carica papaya* L. (Ben-Dov 1994); Commelinaceae: *Commelina benghalensis* L.; Convolvulacea: *Convolvulus arvensis* L. (Tanwar *et al*. 2010), *Ipomoea carnea* Jacq. (Miller & Miller 2002); Euphorbiaceae: *Acalypha* spp. (Williams & Granara de Willink 1992), *Acalypha wilkesiana* Muell. (Miller & Miller 2002), *Euphorbia hirta* L., *Jatropha curcus* L. (Tanwar *et al*. 2010), *Jatropha integerrima* Jacq. (Matile-Ferrero & Étienne 1998), *Manihot chlorostica* Standl. & Goldman, *Manihot esculenta* Crantz (Williams & Granara de Willink 1992), *Phyllanthus niruri* L. (Tanwar *et al*. 2010), *Ricinus communis* L. (Martínez *et al*. 2005); Fabaceae: *Acacia* sp., *Bauhinia* sp. (Miller & Miller 2002), *Cajanus cajan* (L.) (Matile-Ferrero & Étienne 1998), *Erythrina abyssinica* Lam., *Gliricidia sepium* (Jacq.) (Martínez *et al*. 2005), *Mimosa pigra* L. (Williams & Granara de Willink 1992), *Tetramnus labialis* (L.) (Matile-Ferrero & Étienne 1998); Lamiaceae: *Leucas aspera* (Willd), *Ocimum sanctum* L. (Tanwar *et al*. 2010); Lauraceae: *Persea americana* Mill. (Miller & Miller 2002); Malpighiaceae: *Malpighia glabra* L. (Matile-Ferrero & Étienne 1998); Malvaceae: *Abutilon indicum* L., *Ceiba pentandra* (L.), *Gossypium hirsutum* L. (Tanwar *et al*. 2010), *Hibiscus* sp. (Williams & Granara de Willink 1992), *Hibiscus rosa-sinensis* L., *Malvasicus arboreus* (Torr. & Gray) (Matile-Ferrero & Étienne 1998), *Sida* sp. (Williams & Granara de Willink 1992); Moraceae: *Morus alba* L.; Myrtaceae: *Psidium guajava* L. (Tanwar *et al*. 2010); Poaceae: *Uniola paniculata* L., *Zea mays* L.; Polygonaceae: *Coccoloba* sp.; Rosaceae: *Raphiolepis umbellata* Thunb. (Miller & Miller 2002), *Rosa* sp. (Matile-Ferrero & Étienne 1998); Rubiaceae: *Canthium inerme* (L.) (Tanwar *et al*. 2010), *Hamelia* sp. (Miller & Miller 2002), *Mussaenda* sp. (Matile *et al*. 2000); Rutaceae: *Citrus paradisi* Macfad. (Miller & Miller 2002); Solanaceae: *Cestrum nocturnum* L. (Matile-Ferrero & Étienne 1998), *Lycopersicon esculentum* Mill. (Tanwar *et al*. 2010), *Solanum melongena* L. (Miller & Miller 2002), *Solanaum torvum* Sw. (Tanwar *et al*. 2010); Sterculiaceae: *Guazuma* sp. (Miller & Miller 2002), *Guazuma tomentosa* Kunth. (Martínez *et al*. 2005)); Verbenaceae: *Clerodendrum paniculatum* L., *Tectona grandis* L. (Miller & Miller 2002).

Detailed morphological characters for all stages of this species were described and illustrated by Miller & Miller (2002). Adult females (Fig. 1 right) are 2.0–2.4 mm long and 1.4–1.5 mm wide, yellowish and covered with a white waxy coating. Diagnostic characters of slide-mounted adult females (Fig. 2) for distinguishing this species from all other New World *Paracoccus* species are: (1) oral-rim tubular ducts present only on the margin (unique with *P. marginatus*) and (2) no pores present on the hind tibiae (only *P. townsendi* and *P. villanuevai* also lack pores on the hind tibiae) (Miller & Miller 2002). Males appear yellowish in first and second instar and turn to pink during the pre-pupal and pupal stages. Adult males (Fig. 1 left) are approximately 1.0 mm long, 0.3 mm wide (widest at the thorax). Eggs laid in ovisac covered with wax are greenish yellow. They are oviposited on the shoots, midribs of young leaves and fruits, and develop under the adult females. It was reported that approximately 80–90% of the eggs survived between 20 and 30°C, and the highest fecundity was at 25°C with each female producing an average of 300 eggs (Amarasekare *et al*. 2008). After egg hatch, the nymphs move and develop rapidly with four instars for female and five instars for male. The papaya mealybug serious infestations are observed as clusters of cotton-like masses on the above-ground portion of plants (Fig. 3). Adult males and females required 303.0 and 294.1 degree-days (DD), respectively, to complete their development between 18 and 30°C (Amarasekare *et al*. 2008). This suggests that it is capable of producing overlapping generations in areas of Taiwan within this temperature range.

Since August 2010, the papaya mealybug has been found in Taichung City, Nantou County, Changhua County, Yunling County and Kaohsiung City, and to date 12 host species have been found infested, i.e., *Plumeria acutifolia* L. (new record), *Bidens pilosa* L. (new record), *C. papaya* L., *M. esculenta* Crantz, *M. glabra* L., *H. rosa-sinensis* L., *H. syriacus* L. (new record), *M. alba* L., *P. guajava* L., *Torenia fournieri* Lind. (new record), *P. hysterophorus* L. and *S. melongena* L..

This pest can spread rapidly and can cause serious injury to the host plants, resulting in economic damage. An integrated pest management (IPM) including cultural practices, chemical and biological control can be applied to manage papaya mealybug. The parasitoid natural enemies of the papaya mealybug include *Acerophagus papayae* (Noyes and Schauff), *Anagyrus loecki* (Noyes and Menezes), *Anagyrus californicus* Compere, *Pseudaphycus* sp. and *Pseudleptomastix mexicana* (Noyes & Schauff 2003). All above parasitoids have been observed attacking on 2nd-3rd instar nymphs, but not capable of reducing high population of this pest in a short period. *Spalgius epius* (Westwood) (Lepidoptera: Lycaenidae), being the dominant predator, feeds efficiently on the ovisacs, nymphs and adults of the papaya mealybug (Tanwar *et al*. 2010). The predatory larvae could devour about 42 to 53 (48.15 ± 4.08) ovisacs and 196 to 222 (210.99 ± 10. 77) nymphs and adults of *P. marginatus* (Thangamalar *et al*. 2010) during the whole larval period.

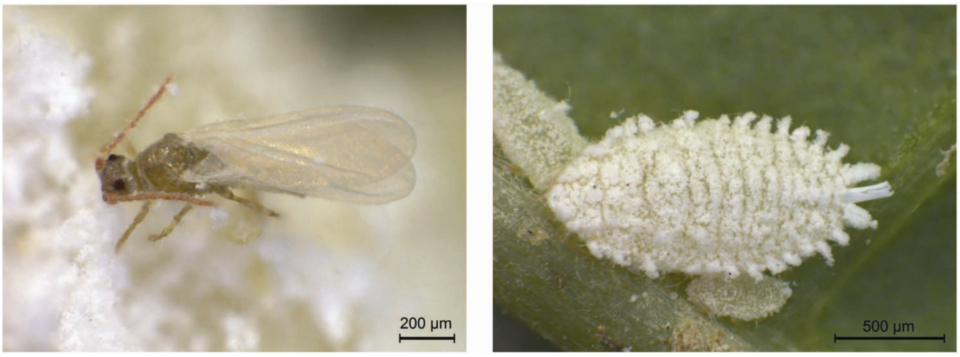

Fig. 1. Male adult of *Paracoccus marginatus* (left), and the female adult (right).

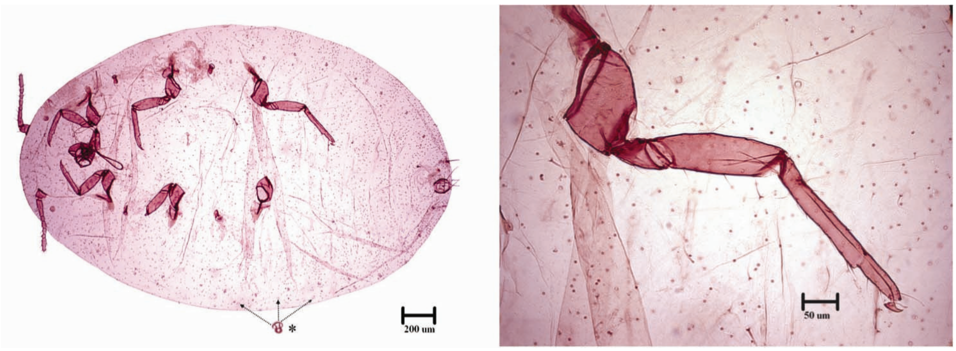

Fig. 2. Slide-mounted female adult of *Paracoccus marginatus* (left, oral-rim tubular ducts:*), and the detailed characters of hind tibia of *Paracoccus marginatus* (right).

Fig. 3. The clusters of cotton-like masses on fruits (left) and stems (right) of papaya tree after serious papaya mealybug infestation.

Botanical insecticides such as neem oil (1 to 2%), NSKE (5%), or Fish Oil Rosin Soap (25 g/L) and chemical insecticides such as profenophos 50 EC (2 mL/L), chlorpyriphos 20 EC (2 mL/L), buprofezin 25 EC (2 mL/L), dimethoate 30 EC (2 mL/L), thiamethoxam 25 WG (0.6 g/L), imidacloprid 17.8 SL (0.6 mL/L) were suggested to control this pest (Thangamalar *et al*. 2010).

However, papaya mealybug is difficult to control because it inhabits protected areas such as cracks and under the bark of their host plants, where cultural practices and chemical control treatments are difficult to reach. Integrating monitoring and pest control measures is necessary for crop production.

Literature cited

Amarasekare, K. G., J. H. Chong, N. D. Epsky, and C. M. Mannion. 2008. Effect of temperature on the life history of the mealybug *Paracoccus marginatus* (Hemiptera: Pseudococcidae). J. Econ. Entomol. 101:1798–1804.

Ben-Dov, Y. 1994. A Systematic Catalogue of the Mealybugs of the World (Insecta: Homoptera: Coccoidea: Pseudococcidae and Putoidae) with Data on Geographical Distribution, Host Plants, Biology and Economic Importance. Intercept Limited, Andover, UK. 686 pp.

Martínez, M. L. A., E. Blanco, and M. Surís. 2005. Fauna de chinches harinosas (Hemiptera: Coccoidea) asociada a plantas de interes: I. Plantas arbóreas. Rev. Protección Veg. (Cuba) 20:125–127.

Matile-Ferrero, D. and J. Étienne. 1998. *Paracoccus marginatus* Williams & Granara de Willink, nouvelle introduction en Guadeloupe et à Saint-Barthélemy (Hemiptera, Pseudococcidae). Revue fran. d'Entom 20:142.

Matile-Ferrero, D., J. Étienne, and G. Tiego. 2000. Introduction de deux ravageurs d'importance pour la Guyane française: Maconellicoccus hirsutus et *Paracoccus marginatus* (Hem., Coccoidea, Pseudococcidae). Bull. Soc. Ent. France 105: 485– 486.

Miller, D. R. and G. L. Miller. 2002. Redescription of *Paracoccus marginatus* Williams and Granara de Willink (Hemiptera: Coccoidea: Pseudococcidae), including descriptions of the immature stages and adult male. Proc. Entomol. Soc. Wash. 104:1–23.

Muniappan R., B. M. Shepard, G. W. Watson, G. R. Carner, D. Sartiami, A. Rauf, and M. D. Hammig. 2008. First report of the papaya mealybug, *Paracoccus marginatus* (Hemiptera: Pseudococcidae), in Indonesia and India. J. Agric. Urban Entomol. 25:37–40.

Noyes, J. S. and M. E. Schauff. 2003. New Encyrtidae (Hymenoptera) from papaya mealybug (*Paracoccus marginatus* Williams and Granara de Willink) (Hemiptera: Sternorrhyncha: Pseudococcidae). Proc. Entomol. Soc. Wash. 105:180–185.

Tanwar, R. K., P. Jeyakumar, and S. Vennila. 2010. Papaya Mealybug and Its Management Strategies. Technical Bulletin. 22. National Centre for Integrated Pest Management. New Delhi. 22 pp.

Thangamalar, A., S. Subramanian, and C. A. Mahalingam. 2010. Bionomics of papaya mealybug, *Paracoccus marginatus* and its predator *Spalgius epius* in mulberry ecosystem, Karnataka. J. Agric. Sci. 23:39–41.

Williams, D. J. and M. C. Granara de Willink. 1992. Mealybugs of Central and South America. CAB International. UK. 644 pp.

台灣新發現的木瓜秀粉介殼蟲 (半翅目：粉介殼蟲科) 為害初報 [1]

陳淑佩[2] 翁振宇[2] 吳文哲[3,4,5]

摘 要

陳淑佩、翁振宇、吳文哲。2011。台灣新發現的木瓜秀粉介殼蟲 (半翅目：粉介殼蟲科) 為害初報。台灣農業研究 60:72–76。

木瓜秀粉介殼蟲 (*Paracoccus marginatus* Williams and Granara de Willink) 是農作物及觀賞作物的重要害蟲。自 1994 年以來，此害蟲在加勒比海區附近國家成為重要入侵害蟲，迄今造成許多國家木瓜及其他農作物的重大經濟損失。本文首次報導木瓜秀粉介殼蟲在台灣危害木瓜之情形及整理此害蟲之分佈、寄主植物及其基本生物學等相關資料。

關鍵詞：木瓜、寄主植物、木瓜秀粉介殼蟲、新記錄。

---

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2481 號。接受日期：100 年 3 月 25 日。
2. 本所應用動物組助理研究員、技工。台灣 台中市。
3. 國立台灣大學昆蟲學系教授。台灣 台北市。
4. 國立台灣大學植物醫學研究中心主任。台灣 台北市。
5. 通訊作者，電子郵件：wuwj@ntu.edu.tw；Fax：(02)27354655。

「台灣農業研究」稿約

一、 本刊為行政院農業委員會農業試驗所發行之學術性季刊，刊登農業試驗研究相關之研究稿件：

論　說：由本所邀請專家撰寫。

研究報告：關於農業科學未曾發表之研究報告，按題目、作者、摘要、前言、材料與方法、結果、討論、結論 (一般略去)、誌謝 (可略去)、引用文獻等依序撰寫，圖與表附於其後，全文以不超過 10 印刷頁為原則。

研究簡報：關於農業科學未曾發表之簡短原始研究報告，不須分章節撰寫，但須附中英文摘要，全文以不超過 4 印刷頁為原則。

二、稿件應以中文或英文撰寫。來稿請送原稿及電子檔案各一份 (內各附照片原圖，繪製圖版可附原圖與影印圖片二份)。文稿以 A4 大小之白色紙張 (長 29.6 公分，寬 21 公分) 兩倍行高 (double space) 打字，12 號字體，左邊對齊，版面應上下預留 3 公分，左右 2 公分之空間，並自第二頁起在右下角以阿拉伯數字註明頁數。撰寫時，中文以細明體、英文以 Times New Roman 字體打字；英文字距一格，句距二格。審查接受之稿件，隨文請附紙本文稿一份與電子檔案，以利送審及電腦排版等作業。

三、稿件格式：

題　目：宜簡短，能充分反應文旨，並附簡題 (Running title) (中文 12 字；英文 6 字以內為原則)。英文題目除介系詞、連接詞等字外，每字第一字母應大寫。題目附小註，說明研究報告編號。

作　者：作者姓名置中，中文名字間空一格；英文姓名則名在前姓氏在後，作者二人或二人以上時，以 “，” 相隔，最後一人前加 “and” 字樣，其表示方法如 Chen-Seng Huang, Chen-Chang Chen, and Chyr-Guan Chen。每一作者須附小註，以說明所屬機關單位，通訊作者須附電子郵件信箱與傳真機號碼。題目與作者同置第一頁。

摘　要：不分段落、宜簡潔明確。摘要之前應加作者、年代、題目、期刊、及卷期，摘要之後應附關鍵詞 (Key words)，關鍵詞不超過 5 個，每個英文關鍵詞第一字母應大寫。摘要以不超過 500 字為原則。以中 (英) 文發表者須附英 (中) 文摘要，置於本文之後，且內容須與中 (英) 文摘要相符，並附稿件編號、作者、通訊作者之小註。

本　文：依序為前言 (INTRODUCTION)、材料與方法 (MATERIALS AND METHODS)、結果 (RESULTS)、討論 (DISCUSSION)、結論 (CONCLUSION)、誌謝 (ACKNOWLEDGEMENTS)、引用文獻 (LITERATURE CITED)。除學名、專有名詞、化學式、數學公式、數字、度量衡單位及縮寫外，文句中不得中外文並用，需使用英 (外) 文以助明瞭時，須將英 (外) 文括號置於中文之後。材料與方法、結果兩部份如有必要須分章節，每一章節內並可再分小章節，以助明瞭文稿內容。章節題目 (heading) 單行置於該章節之前，小章節題目 (subheading) 直接置於小章節之首。

表　格：

1、每一表格應分別繕製，須以 WORD®中 “表格” 工具製作，上方須有標題，並按文中出現順序加上表 **1. (Table 1.)**，表 **2. (Table 2.)** 等冠號。

2、中文稿之表格標題應中英文並列，冠號與表幅齊頭，表內項目及內容以英文書寫。英文標題及各欄英文細目，除第一字之第一字母大寫外，餘均小寫。

3、表格應加分析、簡化與歸納後始可列表。每一表格應在文中標示清楚，以便對照。

4、表中內容如需說明，均須附加小註，以 z, y, x,…等縮小小寫字母置於右上角，並於表下依次敘述。表格僅列橫線。

5、性質類同之圖與表，務請精簡與合併。

圖　　片：

1、手繪圖版以黑色墨水分別繪圖紙或描繪紙（白色透明紙）上。如以電腦繪圖，請以鐳射印表機或同規格之印表機列印，力求清晰。

2、圖中所有標示應以英文書寫（Arial 字型）或註明於標題之後。

3、照片以光面紙為原則，清晰度以縮小 50%可判讀為宜。多幅照片儘量製成併版；如有特別指明，應加圈或箭頭表明。顯微照相，應加比例尺大小；照片大小以不超過版面（25 cm × 18 cm）為宜。

4、圖版及照片下方應有標題，並按文中出現的順序加上圖 **1. (Fig. 1.)**、圖 **2. (Fig. 2.)** 等冠號，在文中須標示清楚，以便對照。中文稿標題應中英文併列，力求明確。

5、除併圖外，每一圖片應單頁製作。

6、照片、圖片背面應註上冠號及作者姓名，以免排印錯誤。

誌　　謝：不分段落，包括人物、經費來源等。誌謝可略去。

引用文獻：

1、列舉確實曾引用之文獻。文獻以登載於學術性期刊、書籍、研討會之文章及學位論文為限。文中涉及引用文獻時，根據該文獻的作者與年代加以括號：如（Sung 1991）、(Lo 1991, 1992)、(Chen & Ho 1983)、(Sung 1991; Hsu *et al.* 1992)，以年代先後為序置於引用文處。

2、文獻須以英文撰寫，以姓名字母為序。作者相同時以年代先後為序。

3、文獻之書寫方法以期刊為例，依序為作者、年代、題目、期刊、卷期、頁數。

4、期刊名須依該期刊公告之縮寫撰寫；如無者，請參照 Biosciences Information Service (1992) 出版之 "Serial Sources for the BIOSIS Previews Database"或依該學術領域之慣例撰寫。

5、文獻書寫範例如下：

(1) 原中文報告引用文獻出自學術性期刊
Hsu, S. H., T. Y. Chung, T. C. Kuo, and S. F. Wang. 1992. Studies on the micro-climate of greenhouse. I. Light environment of greenhouse. J. Agric. China 157:34–43. (in Chinese with English abstract)

(2) 原中文報告引用文獻出自著作性書籍
Sung, J. M. 1991. Nitrogen metabolism of rice. Chinese Agronomy Press. Taipei. 100 pp. (in Chinese)

(3) 原中文報告引用文獻出自編輯性書籍
Yang, C. M. and C. Y. Lin. 2003. Studies on rice precision farming system. p.1–12. *in*: Rice Precision Farming System. (Yang, C. M. and C. Y. Lin, eds.) Agric. Res. Inst. Pub. No. 105. Taichung. 252 pp. (in Chinese with English abstract)

(4) 原中文報告引用文獻出自研討會專刊
Chang C. A. 2001. Application and extension of virus-free seedling for the control of virus diseases of passionfruit in Taiwan. p.31–38. *in* the Proceeding of Symposium on Application of Healthy Plant for Control of Plant Diseases. Taiwan Phytopathol. Soc. Pub. Taichung. (in Chinese with English abstract)

四、單位、縮寫格式、括號及統計分析

1、凡文中出現之數值，除非另有特別之意義，一律用阿拉伯數字書寫。單位如以英文表示，則用國際公認標準符號（SI units）代替全文，各常用之縮寫單位參照說明如下：

(1)長度：公里（km）、公尺（m）、公分（=厘米) (cm)、公釐（=毫米) (mm)、微米（μm）。

(2)重量 (W)：公斤 (kg)、公克 (g)、毫克 (mg)、μg。

(3)容積 (V)：公升 (L)、公撮 (=毫升) (mL)、μL。

(4)面積：公頃 (ha)、平方公尺 (m^2)、平方公分 (cm^2)。

(5)溫度：攝氏 (℃)、絕對溫度 (K，但須加以說明)。

(6)時間：日 (天) (d)、時 (h)、分 (min)、秒 (s)。

(7)濃度：莫耳 (M)、千分之一莫耳 (mM)、當量 (N)、千分之一當量 (mN)。

(8)重力加速度：*g*。

2、其他之縮寫：平均 (*av*)、大約 (*ca*)、直徑 (diam.)。

3、括號：括號字型全以半形 ( )，括號前後各空一格。

4、統計分析：達顯著性水準以*、**或處理間顯著差異區分，以 a、b、c、…表示者均應加註顯著機率值 *P* (例如 $P < 0.01$)；各統計量請採慣用符號，例如相關係數 (*r*) 、決定係數 (R^2)、變異係數 (cv)、標準差 (sd)、平均值標準差 (se) 等。

5、其他問題：

(1)單位與其前面數值之間應空一格，如 220 g。

(2)數學運算符號與其前後數值之間應各空一格，如 P = 0.014、23.6 ± 3.0、15 × 2。

(3)在±、×或 to 的前後兩數值若是含有單位，請用 23.6% ± 3.0%、15 cm × 2 cm、20℃ to 30℃ (即勿省略前面數值之單位)。

(4)數值起迄符號用– (全型破折號)，勿用~或-，且與前後兩數值之間無須留空格，如 3–6、2005–2007 年、7 月 20–25 日。

(5)年代一律用西元。

五、其他注意事項

1. 生物學名以斜體字表示，屬名第一字母大寫。學名於摘要、本文、每一圖表中第一次出現時，須寫全名，如 *Citrus sinensis*；第二次出現時，屬名保留第一字母後加句點 “.”，種名全寫，如 *C. sinensis*。生物學名於本文中首次出現時應加註命名者。

2. 中文稿件中，外文名詞應儘量翻譯成中文，若是不常見名詞應於文中第一次出現時以括號標出原文。摘要及本文中，英文縮寫於第一次出現時，須附全名。

六、投稿方式

1. 稿件內容務須依照上列規定格式書寫，本期刊編輯委員保有修改與退稿之權利。文稿經本期刊接受後，作者得送含文稿內容之磁片或電子檔案 (IBM 相容電腦之文書管理檔，如 Word 檔或其他) ，並由作者負責前二校。除筆誤與錯字外，作者在校稿時，不得擅自更改內容與數據。

2.審稿程序請上網參閱本期刊「論文審查制度流程」，網址：http://www.tari.gov.tw/。

七、文稿必須是作者本身的著作，且作者為唯一的著作權擁有者，否則因此引發之法律責任將由作者負責。投稿應為未經刊登之文章，亦不得一稿多投。投稿需經所有作者同意。稿件經本期刊接受後，投稿人需繳交「著作權讓與書」，如未提供者，本期刊不予刊登。著作財產權屬農試所所有，非經本所書面同意，不得轉載或移轉他處發表。本期刊有權對文稿進行必要之詞句修改。

八、來稿經編審委員會審查合格後刊登，由本刊印贈抽印本 50 本；彩色頁印刷及抽印本加印費用由投稿人自行負擔。

九、其他未盡事宜本期刊得隨時修正或補充。

台 灣 農 業 研 究

（原中華農業研究）

第六十卷 第一期

中華民國一〇〇年三月出版

發 行 人：陳駿季
總 編 輯：方尚仁
主　　編：陳盈佑 吳宜晏
編審委員：
生技組：吳明哲（主審）
作物組：歐錫坤（主審）
黃肇家　楊純明　施昭彰
農化組：郭鴻裕（主審）
簡宣裕　劉滄棽
植病組：安寶貞（主審）
鄧汀欽
應動組：王清玲（主審）
陳健忠
農工組：林木連（主審）
種原組：溫英杰（主審）
農經組：張采蘋（主審）
花卉中心：謝廷芳（主審）
嘉義分所：楊宏仁（主審）
鳳山分所：陳甘澍（主審）

另聘請各大學院校及研究機關相關學者專家擔任審查委員

Vol. 60, No. 1 March, 2010

JOURNAL
OF
TAIWAN AGRICULTURAL RESEARCH
(Formerly Journal of Agricultural Research of China)

PUBLISHER: Chen, Junne-Jih

EDITOR IN CHIEF: Fang, Shan-Jen

EDITORS:

Chen, Ying-You Wu, Yi-Yan

EDITORIAL BOARD:

Ann, Pao-Jen (Plant Pathology)

Chen, Kan-Shu (Tropical Horticulture)

Hsieh, Ting-Feng (Floriculture)

Lin, Mu-Lien (Agriculture Engineering)

Wen, Ien-Chie (Crop Genetic Resources)

Yang, Hong-Ren (Subtropical Agriculture)

Chang, Tsai-Ping (Agriculture Economics)

Guo, Horng-Yuh (Agriculture Chemistry)

Ou, Shyi-Kuan (Crop Science)

Wang, Chin-Ling (Applied Zoology)

Wu, Min-Tze (Biotechnology)

EDITORIAL ADVISORY BOARD:

Chen, Chien-Chung

Chien, Shiuah-Yuh

Deng, Ting-Chin

Huang, Chao-Chia

Huang, Li-Duhng

Liu, Tsang-Sen

Shih, Jau-Chang

Yang, Chwen-Ming

Reviewers of the related fields are also invited from universities and other research organizations.

台灣農業研究第六十卷第一期

出 版 者：行政院農業委員會農業試驗所

發 行 人：陳駿季

總 編 輯：方尚仁

地　　址：41362台中市霧峰區萬豐里中正路189號

網　　址：http://www.tari.gov.tw

電　　話：(04)23302301

出版日期：中華民國一〇〇年三月三十一日

定　　價：新臺幣一七五元

展售門市：

1. 國家書店 / 104 臺北市松江路209號1樓　(02)25180207
   國家網路書店 http://www.govbooks.com.tw
2. 五南文化廣場 / 400 臺中市中山路6號　(04)22260330

承 印 者：學安文化事業有限公司

電　　話：(04)22861600

ISSN 0022-4847
GPN 2009500560

March, 2011

Journal of Taiwan Agricultural Research

(Formerly Journal of Agricultural Research of China)

Vol. 60, No. 1

Research Reports

Population Parameters of *Aphis gossypii* (Homoptera: Aphididae) Fed on Melon at Different Temperature

Jih-Zu Yu and Bing-Huei Chen 1

Sensory Evaluation for Peference and Acceptability of the Taiwan Indica Rice var. TCS 10 in the Kingdom of Swaziland

Dong-Hong Wu, Chun-Fu Wang, and Ming-Hsing Lai 11

Effect of Night Illumination on Growth, Development and Yield of Rice

Yuh-Jyuan Lee, Chwen-Ming Yang, and Chiao-Ling Hsiao 21

Effect of Culture Media on Growth and Mineral Contents of Two Native Species of Medicinal *Dendrobium* in Taiwan

Shu-Fang Lo, Chao-Lin Kuo, Dah-Jing Liao, Chung-Li Chen, and Hsin-Sheng Tsay 39

Effect of Pumpkin Lines and Fruit Processing Techniques on Quality of Pumpkin Flour

Shu-Chin Lo and Yu-Hua Wang 49

Research Notes

Correct Usage of Graph/Table for Treatment Comparisons

Hsiu-Ying Lu 61

Preliminary Report on the Occurrence of Papaya Mealybug, *Paracoccus marginatus* Williams and Granara de Willink, in Taiwan

Shu-Pei Chen, Jen-Yu Wong, and Wen-Jen Wu 72

ISSN 0022-4847

9 770022 484003

Published by Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture Taichung, Taiwan, Republic of China

行政院新聞局出版事業登記證局版臺省誌字第二九八號 中華郵政中臺字第〇三〇九登記為雜誌交寄

GPN 2009500560

定價：新台幣一七五元